Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

April 4/2004
€ 6,50 / 12,50 sFr

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE
DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

ERFOLG FÜR »MARS EXPRESS«

WASSER AUF MARS

Der Erfinder der Stereokamera erläutert die neuesten Bilder vom Roten Planeten

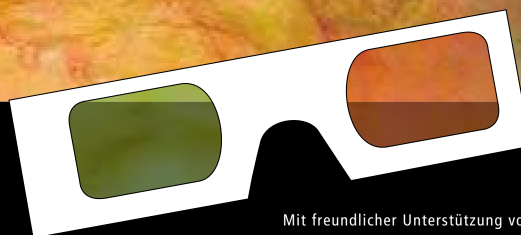
Kosmologie
Über den Urknall und die Flucht der Galaxien

Wegweiser am Himmel
Die Koordinatensysteme der Astronomen

D60463

EXKLUSIV

Der Rote Planet in 3-D
Großes Stereoposter mit 3-D-Brille im Heft!

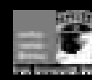


Mit freundlicher Unterstützung von













Reinhard Breuer
Chefredakteur

Wir sind doch schon auf dem Mars!

Das sind schon aufregende Zeiten: Fast wie Hagelschläge gingen die Marssonden auf dem Roten Planeten nieder, und gleichzeitig gelangte ein neuer Beobachtungssatellit in den Orbit. Sieht man von dem Missgeschick mit dem Esa-Lander »Beagle 2« und dem Vorbeiflug der japanischen »Nozomi« ab, so liefern uns die Nasa-Rover »Spirit« und »Opportunity« einzigartige Bilder und Bodenprobenanalysen ihrer Landungsstellen. Der Dauerknüller aber ist schon jetzt der Esa-Satellit »Mars Express«.

Nachdem sich die Esa wochenlang – statt die PR-Chance ihres Erstankömmlings zu nutzen – nur in Trauernachrichten über Beagle 2 erging und der Nasa die Publikumseuphorie über die ersten Spirit-Fotos überließ, schaffte sie es dann doch, mit brillanten 3-D-Bildern von der Marsoberfläche aufzuwarten. Die Vorstellung, dass nach diesen ersten »Kostproben« noch mit viel mehr zu rechnen ist, lässt viele in Hochstimmung für die kommenden Jahre der geplanten Beobachtungsdauer geraten.

Auch wenn die Entdeckung von Wasser auf dem Mars spontan vielleicht als etwas zu sicher ausgegeben wurde, so haben sich doch die Hinweise erheblich verdichtet, dass früher einmal flüssiges Wasser auf der Marsoberfläche strömte und viele der Täler und Canyons hervorbrachte. Wie lange diese erdähnliche Frühzeit auf dem jungen Mars angedauert hat, können die Planetologen nun akribisch studieren.

Die Stereobilder werden von einer Kamera geliefert, die am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt wurde. Ihre besondere Fähigkeit liegt darin, die Planetenoberfläche in extrem hoher Auflösung, in Farbe und gleichzeitig dreidimensional abzubilden. Der wissenschaftliche Leiter des internationalen Kamerateams, Gerhard Neukum von der Freien Universität Berlin, erläutert für ASTRONOMIE HEUTE die neuesten Aufnahmen von Mars Express. Exklusiv stellt er uns zudem Marsbilder zur Verfügung, die Sie mit der Rot-Grün-Brille in Stereo betrachten können (siehe das Foto oben) – so als würden Sie gleich selbst zur Landung auf der roten Wüstenei ansetzen (Poster in der Heftmitte).

Wenn man diese Erfolge sieht, fragt man sich natürlich, was der amerikanische Präsident Bush an guten Gründen zu bieten hat, auch noch Raumfahrer zum Roten Planeten oder auf den Mond zu schicken. Womöglich um dort einen ersten Außenposten der Menschheit einzurichten? Was sollten Menschen an Erkenntnissen erlangen, was Landeroboter und Satelliten nicht – gefahrlos und um ein Vielfaches erschwinglicher – viel bequemer zu Wege bringen? Sicherlich: Astronauten sind klüger und flexibler als Maschinen und können viele Probleme besser beheben. Aber müssen sie wirklich immer zugegen sein?

Zweifellos würden die ersten Schritte eines Erdenbewohners auf dem Mars die Menschheit ebenso erfreuen wie einst die der ersten Amerikaner auf dem Mond. Dennoch teilen sich hier die Meinungen: Was für die einen die abenteuerliche Eroberung eines fremden Planeten wäre, ist für die anderen nur eine – wissenschaftlich nahezu nutzlose – Vergeudung an Geld und eine unnötige Gefährdung von Menschenleben.

Was ist Ihre Meinung? Schreiben Sie uns!

INHALT

Titelbild: Reull Vallis – ein von Wasser- und Eisablagerungen geprägtes Marstal. Foto: Esa / DLR / FU Berlin

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

Einmal Universum und zurück

Kosmologen entwickeln immer erstaunlichere Ideen über unser Universum. Wir nehmen Sie mit auf eine spannende Reise durch die Zeit und die (vielleicht) fußballförmige Raumzeit

22

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

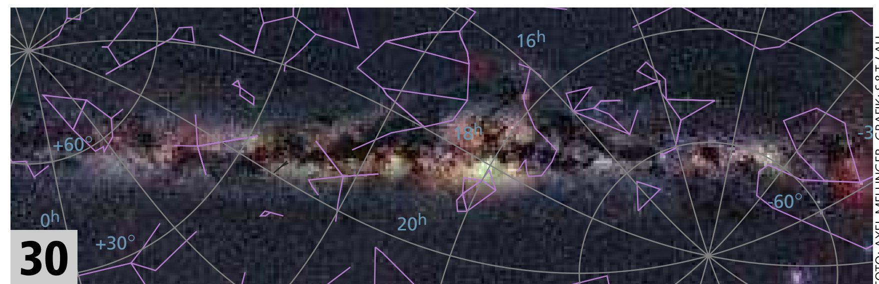
ASTROFOTO

TITELTHEMA

Der Rote Planet – Bild für Bild

Erobern Sie unbekanntes Terrain! Gerhard Neukum, Entwickler der Stereokamera auf »Mars Express«, führt Sie auf eine Entdeckungstour über unseren Nachbarplaneten: vom Valles Marineris über Ascraeus Mons bis hin zu Albor Tholus


16
Olympus Mons
NASA / JPL / MSSS / MOLA / VAN GASSELT



30
FOTO: AXEL MELLINGER, GRAFIK: S&T / AH

Die Koordinaten des Firmaments

Sehen auch Sie zuweilen den Himmel vor lauter Sternen nicht mehr? Wir erklären Ihnen die gängigen Koordinatensysteme der Astronomen


Eric Plum vor dem VLA in Socorro
58
ERIC PLUM

Kosmische Leuchttürme

Erst Praktikant am Radioteleskop, dann Preisträger von Jugend forscht: Eric Plum kennt sich mit Pulsaren aus

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.



Ersatzmann des Königs 53

Wenn im alten Mesopotamien Mondfinsternisse drohten, krönten dessen Herrscher einen todgeweihten Ersatzmann, der dem Zorn der Götter geopfert wurde

Mesopotamischer Herrscher Esarhaddon

Apo für alle 60

Trotz mancher Einschränkungen ein »tolles kleines Gerät mit unglaublich gutem Preis-Leistungs-Verhältnis«, so Autor Ed Ting über den 80-Millimeter-Apochromaten von Orion/Synta

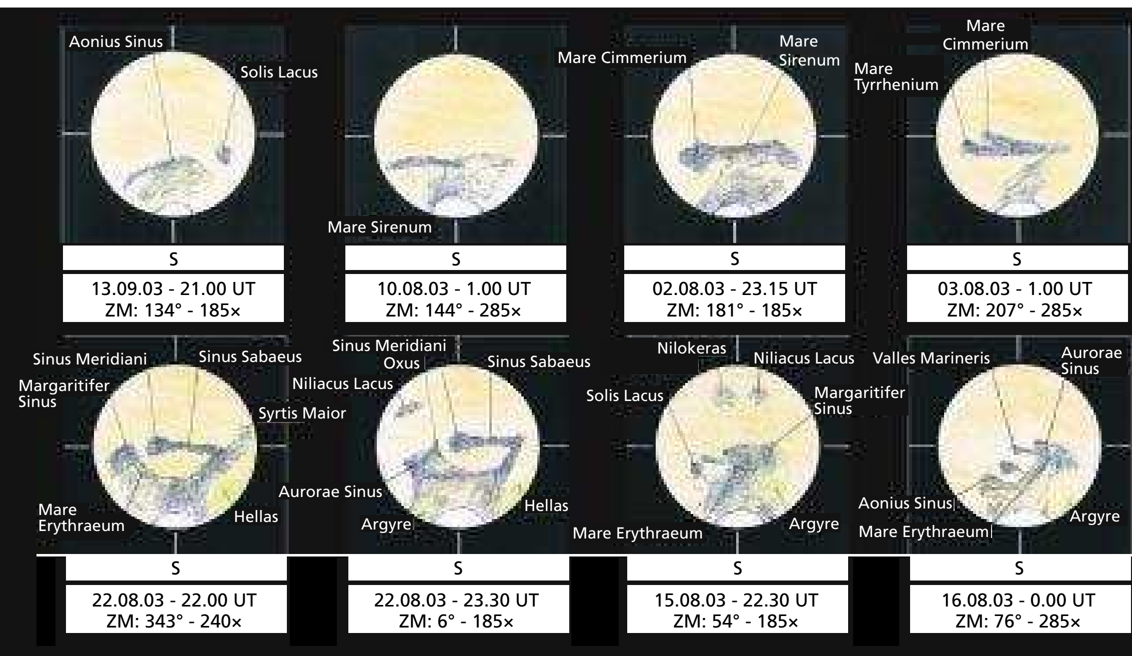


Vom Foto zum Film 64

Vier Wochen Nachtarbeit und unzählige Stunden am Computer – dann hatte Amateurastronom Tom Matheson den rotierenden Mars »im Kasten«



TIPPS & TOOLS



Mars einmal anders

Als begeisterter Hobbyastronom beschäftige ich mich seit einiger Zeit auch mit der Planetenbeobachtung. Während der Marsopposition beobachtete ich den Planeten intensiv mit meinem Intes-MK67-Maksutow-Teleskop von meiner Balkonsternwarte aus. Die Fülle der identifizierbaren Oberflächendetails beeindruckte mich sehr, sodass ich sie in Zeichnungen festhielt (Bilder oben).

Klaus Bartsch, Königstein

Tage, die immer kürzer werden?

»Kippenhahns Sternstunde«, AH 5/2003, S. 64 und 1-2/2004, S. 64

Seit langem bin ich interessierter Leser von Professor Kippenhahns Sternstunden, von denen auch ein Laie wie ich viel hat. Doch beim Thema Abbremsung der Erdrotation hat er mich verwirrt! Er sagt, der Tag eines Sklaven vor 4500 Jahren war um 0,1 Sekunde kürzer als heute. Das forderte mich geradezu zur Rechnerei heraus – man sollte doch annehmen, vor der doppelten Zeit war der Tag um das Doppelte kürzer. Beträgt das Alter der Erde 4,5 Milliarden Jahre, so ist das genau eine Million Mal länger als die 4500 Jahre, die zu 0,1 Sekunden Abbremsung geführt haben – also 0,1 mal eine Million gleich 10^5 Sekunden. Der Tag müsste ursprünglich also um über 27 Stunden kürzer gewesen sein als heute. Und seitdem bin ich am Grübeln. War die Abbremsung der Rotation in grauer Vorzeit geringer?

Joachim Klews, Alzenau

Antwort von Prof. Kippenhahn: Herr Klews hat Recht. Rechnet man die gegenwärtige jährliche Bremsung der Erdrotation infolge der Gezeitenreibung über Milliarden Jahre zurück, so kommt man auf eine sich extrem rasch drehende Erde. Wäre der Tag aber nur eine Stunde lang, hätte die Fliehkraft die Erde längst zerrissen. Wie stark die Gezeiten den Tag in der Vergangenheit verlängert haben, hängt von der früheren Gestalt der Ozeane und Binnengewässer ab und vom Verhalten des flüssigen Erdinnern. Außerdem spaltete einst ein großer Himmelskörper beim Einschlag auf die Erde den Mond ab, so zumindest die gegenwärtige Vorstellung. Dieser Einschlag veränderte auch die Drehung der Erde. Alles war eben früher anders als heute, auch die Gezeitenreibung auf der Erde. Wie genau, das wissen wir nicht.

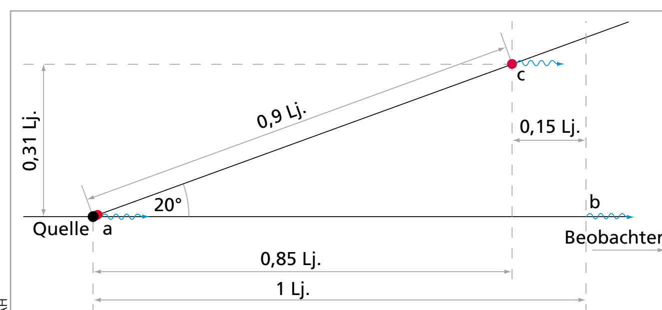
Überlichtgeschwindigkeit wegdiskutiert?

»Mikroquasare in der Milchstraße«, AH 1/2 2004, S. 26

Die bisherigen Ausgaben von AH faszinieren mich sehr durch ihre fantastischen Bilder und guten Texte. Über den Artikel zu den Miniquasaren mit ihren »überlichtschnellen« Jets musste ich aber die Stirn runzeln: Die offenbar in einer Reihe von Fällen festgestellten Überlichtgeschwindigkeiten der Radioknoten kann man doch nicht mit einem Hinweis auf die Dopplerverstärkung wegdiskutieren (S. 30). Die Helligkeit des Knotens hat ja nichts mit seinem Ort am Himmel zu tun. Ebenso ist die Wegerklärung als Projektionseffekt (Grafik S. 30) abstrus: Da sowohl der Quasar als auch der Radioknoten wenn auch nicht unbedingt gleichmäßig, so doch kontinuierlich Strahlung aussenden, ist es unerheblich, in welchem zeitlichen Abstand wir auf der Erde das Licht der ruhenden Quelle oder das Licht des schnellen Radioknotens sehen. Entscheidend ist, aus welcher Richtung es kommt und welchen Winkelweg es in welcher Entfernung und in welcher Zeitspanne zurücklegt. Jeder Projektionseffekt (kleiner Sichtwinkel) kann nur auf eine noch größere Knotengeschwindigkeit schließen lassen.

Edgar Löhr, Lindau

Antwort der Redaktion: Herr Löhr irrt: Die scheinbaren Überlichtgeschwindigkeiten sind ein Projektionseffekt, der immer dann auftreten kann, wenn Materie mit nahezu Lichtgeschwindigkeit unter einem kleinen Sichtwinkel ausgestoßen wird. Beispiel (siehe Skizze): Ein Materieklumpen wird mit neunzig Prozent der Lichtgeschwindigkeit in eine Richtung ausgestoßen, die den Beobachter nur um zwanzig Grad verfehlt (a). Nach einem



Schneller als Licht? Skizze zur Antwort auf Edgar Löhr

Jahr ist das Licht, das von dem Ausstoß kündet, ein Lichtjahr in Richtung zum Beobachter vorgedrungen (b), der Materieklumpen befindet sich zu diesem Zeitpunkt bei Position c und sendet Licht aus, das nur 0,15 Lichtjahre hinter dem in Position b her läuft. Für den Beobachter wird sich der Klumpen in der Projektion auf den Himmel damit in 0,15 Jahren scheinbar um 0,31 Lichtjahre bewegen, also mit rund doppelter Lichtgeschwindigkeit.

Schnappschuss der Nebensonne

Kürzlich habe ich etwas sehr Schönes beobachtet: ein eigenartiges Leuchten kurz nach Sonnenaufgang, wobei die Sonne noch von einem Berg verdeckt war. Wie ich inzwischen weiß, war das eine Nebensonne. Die morgendlichen Sonnenstrahlen wurden in der leicht diesigen Luftschicht reflektiert und erzeugten einen hellen Leuchtfleck über dem Tal (siehe »Glanzlichter« ab S. 68).

Denise Böhm-Schweizer, Lauscha

Erratum

Durch einen Fehler unserer Druckerei fehlten auf Seite 20 der Märzausgabe einige Buchstaben. Wir bitten unsere Leser um Entschuldigung.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

Was wäre, wenn man die Sonne mit einem Schwarzen Loch gleicher Masse ersetzte? Würden sich die Bahnen der Planeten dabei verändern?

Hamid Nazeri, Remagen

Die Bahnen der Planeten werden praktisch ausschließlich durch die Gravitationskraft bestimmt, und diese hängt nur von den Massen der beteiligten Körper ab. Folglich würde sich, wenn man die Sonne von einem Moment auf den anderen durch ein Schwarzes Loch ersetzt gar nichts ändern: Die Planeten zögen weiter ihre Bahnen um ihr nun »schwarzes« Zentralgestirn. Auf der Erde wäre dann allerdings eine ewige Nacht angebrochen.



NASA / DANA BERRY

Richtig ungemütlich wird es erst in unmittelbarer Nähe eines Schwarzen Lochs.

Die gigantische Anziehungskraft, die Schwarze Löcher in der Science-Fiction oft haben, ist meist unrealistisch dargestellt. Aus sicherer Entfernung betrachtet unterscheidet sich die Gravitationskraft eines Schwarzen Lochs in keiner Weise von der eines anderen Himmelskörpers gleicher Masse. Extrem hoch werden die Kräfte erst, wenn man sehr nahe an das Objekt herankommt. Schon nach Newton ist ja die Schwerkraft umso stärker, je geringer der Abstand zu der gravitierenden Masse ist. Das Besondere an Schwarzen Löchern besteht nur darin, dass man sie sich punktförmig vorstellen und ihnen somit beliebig nahe kommen kann. Erst dann können ihre Gravitationskräfte über jedes Maß hinausgehen.

Anders bei Himmelskörpern wie etwa der Sonne. Gelänge es jemandem, in diese einzudringen, so bliebe nach und nach immer mehr von deren Masse hinter ihm zurück. Diese zöge ihn nach außen und gliche dabei einen Teil der von den noch tiefer liegenden Massen ausgehenden Schwerkraft aus – die Gravitationskraft insgesamt nähme ab. Würde jemand bis zum Zentrum des Himmelskörpers vordringen, wäre er dort sogar schwerelos.

Im Übrigen rührt die zerstörerische Wirkung der Schwerkraft eines Schwarzen Lochs nicht primär von deren Stärke, sondern davon, dass sie von Ort zu Ort stark unterschiedlich ist. Jeder Körper wird bei Annäherung an ein Schwarzes Loch früher oder später zerrissen, weil seine zugewandte Seite sehr viel stärker angezogen wird als seine abgewandte. Im sicheren Abstand von 150 Millionen Kilometern würde unsere Erde durch ein Schwarzes Loch aber ebenso wenig auseinandergerissen wie gegenwärtig von den Gezeitenkräften der Sonne.

Einen winzigen Unterschied gäbe es allerdings doch. Die Strahlung der Sonne und der von ihr ausgehende Sonnenwind übt einen schwachen Druck auf die Körper in unserem Sonnensystem aus, der bei Asteroiden sogar messbar ist (siehe dazu AH 3/2004, S. 10). Bei Schwarzen Löchern fehlt dieser Druck, sodass die Planetenbahnen sich wohl doch ein wenig ändern würden – so wenig allerdings, dass wir es nicht nachweisen könnten.

Gerhard Mühlbauer hat am Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg über die Dynamik der Milchstraße promoviert.

Stellen Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge hier vor.

ASTRO NEWS

EXOPLANETEN

Elemente des Lebens auf Osiris

Der Himmelskörper, der den 150 Lichtjahre entfernten Stern HD 209458 im Sternbild Pegasus umkreist, ist an sich schon bemerkenswert: Er war der erste Exoplanet (so werden Planeten außerhalb unseres Sonnensystems bezeichnet), den Forscher beim Vorüberziehen, dem Transit, vor seinem Stern beobachteten.

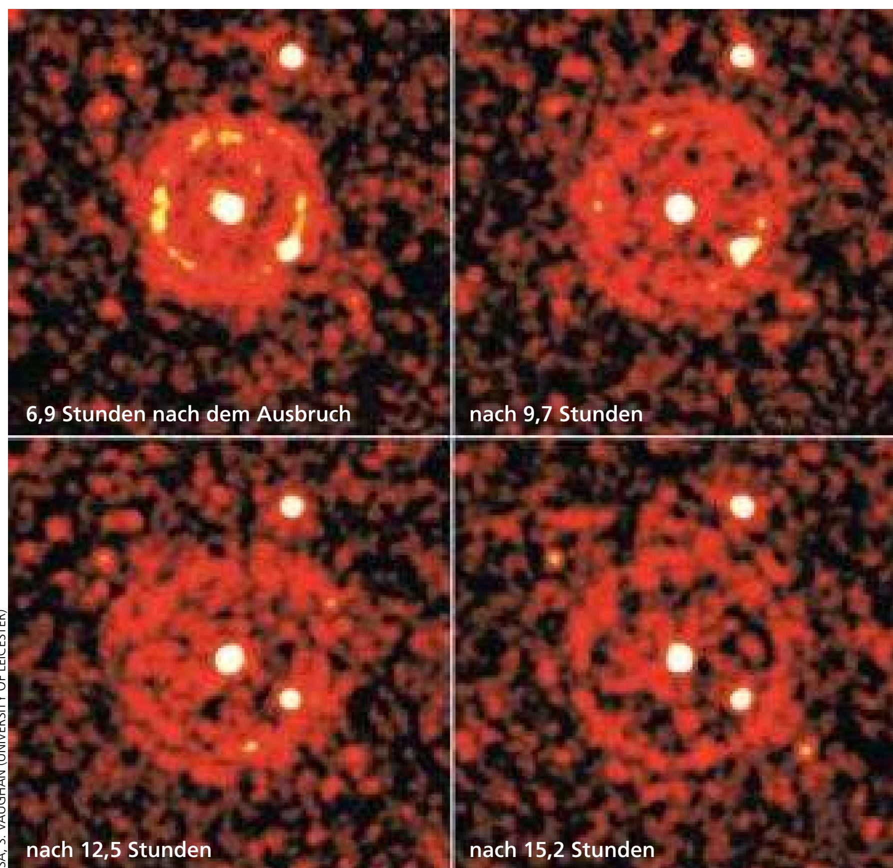
Älteren Untersuchungen zufolge besitzt der Gasriese eine Atmosphäre, aus der Wasserstoff in den Weltraum abdampft. Wohl darum taufte man ihn auf den Namen Osiris – nach einer ägyptischen Gottheit, die Teile ihres Körpers verlor. Seine Transits ermöglichen es, die Absorption der Sternstrahlung in der Atmosphäre und damit deren Zusammensetzung zu untersuchen.

Jüngst nun entdeckte man auch Anzeichen von Sauerstoff und Kohlenstoff – die wichtigsten Grundstoffe für Leben, so wie wir es kennen. Lebensfreundlich ist Osiris, der in weniger als einem Zwanzigstel der Entfernung von Erde und Sonne um HD 209458 kreist, darum noch lange nicht: Jetzt zeigte sich nämlich, dass seine Atmosphäre von dem nahen Stern stark aufgeheizt und regelrecht weggeblasen wird. Dabei werden sauerstoff- und kohlenstoffhaltige Verbindungen wie Methan oder Wasser in ihre Atome aufgespalten und von den mit hoher Geschwindigkeit in den Weltraum entweichenden Wasserstoffatomen mitgerissen.

»Der Fund von Sauerstoff und Kohlenstoff ist eigentlich nicht so überraschend«, erklärt Gilda Ballester von der University of Arizona. »Ungewöhnlich ist, diese Elemente so weit draußen in der äußersten Planetenhülle zu finden.« >> Gerhard Mühlbauer

Ausgedehnte Hüllen der verdampfenden Atmosphäre umgeben den fremden Planeten Osiris.

ESA, ALFRED VIDAL-MADJAR (CNRS)



ESA, S. VAUGHAN (UNIVERSITY OF LEICESTER)

LICHTECHOS

Warpspeed im All

Der europäische Röntgensatellit XMM-Newton hat einen leuchtenden Ring entdeckt, der sich scheinbar mit tausendfacher Lichtgeschwindigkeit ausbreitet. Es handelt sich dabei allerdings um einen Projektionseffekt, ähnlich dem, der den Strahl eines Leuchtturms über eine Wolkenschicht rasen lässt (vergleiche AH Juli / August 2003, S. 10).

Der Röntgenring befindet sich dort, wo im Dezember vergangenen Jahres der heftige Gammastrahlenausbruch GRB 031203 stattfand. Die Bilderabfolge zeigt die an Staub in der Umgebung des GRB gestreute Röntgenstrahlung.

>> Rainer Kayser

In Richtung Zeta Puppis beobachtete XMM-Newton scheinbar überlichtschnelle Röntgenstrahlung.



Erstmals Wasserstoffwolken um Andromeda-Galaxie entdeckt + + + War morgendlicher Lichtblitz ein Meteorit? +

Meldungen zu diesen und anderen Themen finden Sie unter www.wissenschaft-online.de/astronomie

WEISSE ZWERGE

Lucy in the Sky



CfA

Zehn Quintilliarden Karat? So diamanten sehen Weiße Zwergsterne sicher nicht aus.

Lucy, der größte Edelstein im Universum, gefunden im Kern eines Weißen Zwergsterns? Diese Meldung ging pünktlich zum Valentinstag durch die Presse. Travis Metcalfe, Astronom am Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA), erklärte uns, was die Forscher über den fünfzig Lichtjahre entfernten Weißen Zwerg BPM 37093 wirklich wissen.

»Wir fanden heraus, dass er tatsächlich einen kristallisierten Kern hat«, bestehend aus Kohlenstoff und verunreinigt mit Sauerstoff. Ein Diamant ist das noch lange nicht: »Er hat eine andere Kristallstruktur, zudem wird diese wohl nicht von chemischen Bindungen, sondern von Kernkräften bewirkt.« Schade, Lucy! >> tk

ENTFERNUNGEN IM WELTALL

Unterschätztes Siebengestirn?

Nachdem der Esa-Satellit Hipparcos die Abstände zu nahen Sternen mit vorher unerreichter Genauigkeit vermessen hatte, gibt es im Falle des Sternhaufens der Plejaden nun neue Unklarheit. Wissenschaftler des California Institute of Technology (Caltech) haben anhand der Umlaufbahn eines Doppelsterns in dieser Region die Entfernung der Plejaden zu etwa 440 Lichtjahren neu bestimmt – im Widerspruch zu Hipparcos, dessen Daten eine Distanz von rund 385 Lichtjahren lieferte. Auch ältere Entfernungsmessungen vom Erdboden aus hatten zu Ergebnissen, ähnlich denen der Caltech-Forscher geführt.

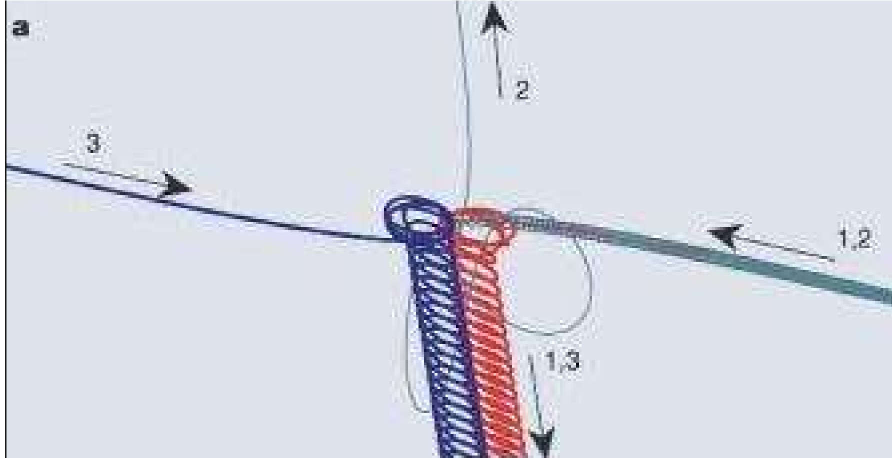
Nun sind die Wissenschaftler in Sorge, Hipparcos könnte generell falsch gemessen haben. Das erscheint denkbar, weil der Satellit beim Start auf Grund von Triebwerksproblemen nicht seine geplante Umlaufbahn erreichte.

Die Folgen wären weit reichend: Da die Hipparcos-Messungen Grundlage für alle weiteren Entfernungsbestimmungen im Kosmos sind, könnten praktisch alle Objekte außerhalb des Sonnensystems ferner sein als gedacht. >> Gerhard Mühlbauer

Das Siebengestirn Auch altbekannte Objekte wie die Plejaden geben immer noch Rätsel auf.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

+ + Am weitesten entfernte Galaxie >



AUS: NATURE, VOL. 427, N. 6974, P. 518-520

Beziehungskrise Der schwere Körper (1) und sein leichterer Partner (2) umkreisen einander einträchtig. Bis ein weiteres Objekt (3) kommt, (2) davonschleudert und mit (1) von dannen zieht.

PAARE IM KUIPER-GÜRTEL

Weg da, Kleiner!

Nicht jede himmlische Beziehung hält ewig. Das fanden Forscher heraus, als sie Paare von einander umkreisenden Objekten im Kuiper-Gürtel untersuchten, jener Region voller eisiger Objekte jenseits von Neptun, rund sieben Milliarden Kilometer von der Erde entfernt (siehe »Die 3. Zone«, AH 3/2004, S. 18). Schon der Vorgang, wie sie überhaupt zueinander finden, sperrt sich gegen gängige Erklärungsversuche.

Diese besagen, Paare entstehen entweder durch Kollision oder dadurch, dass sich zwei Körper durch ihre Schwerkraft gegenseitig einfangen. Dabei kommt es wie bei Erde und Mond stets zu asymmetrischen Partnerschaften – ein Partner ist viel schwerer als der andere – und zu runden Umlaufbahnen. Für den Kuiper-Gürtel aber taugt diese Erklärung nicht: Dort sind die Partner meist gleich groß und umkreisen einander auf stark elliptischen Bahnen. Mit einem neuen Modell scheinen Forscher aus Japan, Taiwan und den USA diese Beziehungsproblematik nun endlich erfolgreich zu beschreiben (siehe Grafik).

Auch sie gehen zunächst von einem asymmetrischen Doppelsystem aus. Dessen Harmonie wird aber schon bald von einem dritten Körper gestört, der ebenso groß ist wie der dominante Partner des Paares. Der komplexe Tanz der Schwerkräfte endet schließlich in einer neuen Konstellation: Der kleinere Partner muss weichen, während die gleichgewichtigen neuen Gefährten einander auf exzentrischen Bahnen umkreisen. >> tk

DUNKLE MATERIE

Verzerrtes Echo

Die weithin anerkannte Vorstellung, dass unser Universum von unsichtbarer Dunkler Materie dominiert wird (siehe »Einmal Universum und zurück«, S. 22), zog Tom Shanks von der britischen University of Durham jetzt in Zweifel.

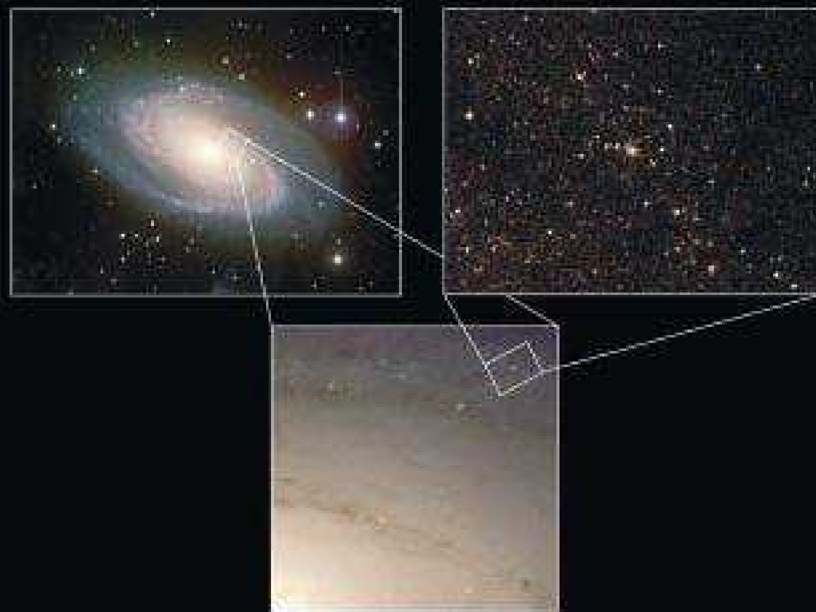
Seine Analyse soll beweisen, dass die Hintergrundstrahlung – das »Echo« des Urknalls – erheblich von Galaxienhaufen beeinflusst werden kann. »Lichtteilchen der Hintergrundstrahlung werden stärker als bislang vermutet an Elektronen in den Galaxienhaufen gestreut«, erklärt Shanks das Problem.

In der wissenschaftlichen Gemeinde dürften Shanks und Kollegen als Außenseiter gelten. Sollten sie aber tatsächlich richtig liegen, wären manche der bislang aus Unregelmäßigkeiten der Hintergrundstrahlung gezogenen Schlüsse falsch – wie eben jener, dass die Masse im Kosmos überwiegend aus Dunkler Materie besteht.

>> Rainer Kayser

SUPERNOVAE

Hubble entdeckt Überlebenden

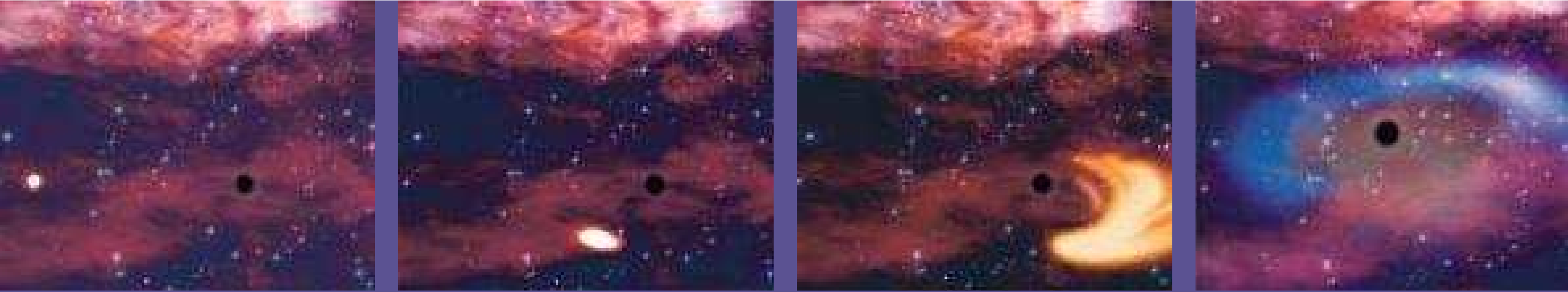


OBEN LINKS: ESA / INT / DSS2; DIE BEIDEN ANDEREN: NASA / HUBBLE / STSCI

Die hellste Sternexplosion seit SN 1987a war die Supernova 1993J in M 81 (siehe AH 3/2004, S. 8). Erstmals entdeckte man dort den Überlebenden eines solchen Ereignisses. Hier präsentieren wir als Fotografie, was bis zur letzten Ausgabe nur als Illustration vorlag. Aufgespürt wurde der überlebende Doppelpartner des riesigen Draufgängers vom Weltraumteleskop Hubble. >> dre

> Verursachte Kometeneinschlag Missernten im Mittelalter? +++ Verblüffend massearmer Stern für Supernova verantwortlich +++ Weltweit

Meldungen zu diesen und anderen Themen finden Sie unter www.wissenschaft-online.de/astronomie



ESA, STEFANIE KOMOSSA (MPE)

GALAKTISCHE KERNE

Monsterloch frisst Stern

Kein Entrinnen gibt es für Sterne, wenn sie einem supermassereichen Schwarzen Loch zu nahe kommen.

Die Astronomen gehen davon aus, dass im Zentrum jeder Galaxie ein Schwarzes Loch mit der Masse von Millionen bis Milliarden Sternen haust. Im Falle aktiver Galaxien lassen sich deren Jets beobachten, in ruhigen Galaxien sind sie unserer Beobachtung gänzlich entzogen. Bis jetzt!

Einem Team um Stefanie Komossa (»Newcomer«, AH Mai/Juni 2003, S. 60) gelang es dank der hohen räumlichen und spektralen Auflösung der Röntgensatelliten Chandra und XMM-Newton zu zeigen, dass der Strahlungsanstieg in der Galaxie RX J1242-11 von einem Stern stammt, der von den Scherkräften des Schwarzen Lochs zerrissen wird. Die Materie des Sterns heizt sich dabei auf mehrere Millionen Grad auf und strahlt im Röntgenbereich. >> dre

LEBEN IM KOSMOS

Bewohnbare Galaxis

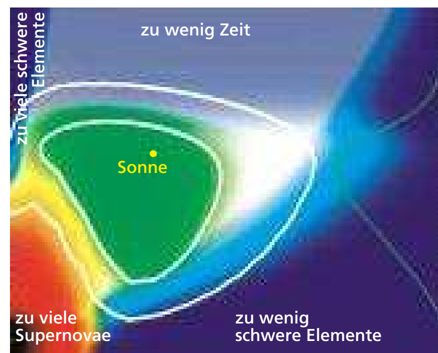
Ob es außer der Erde noch weitere bewohnte Planeten gibt, bleibt zwar nach wie vor völlig ungeklärt. Dennoch treibt die Frage so manchen Wissenschaftler um. Charles Lineweaver, Astronom an der University of New South Wales im australischen Sydney, hat nun mit Computerhilfe zu errechnen versucht, wo die »Galaktische Habitable Zone« (GHZ) in unserer Milchstraße liegt, in der sich überhaupt Leben hätte entwickeln können.

In sein Modell gingen zahlreiche Überlegungen ein, etwa die, wie die wichtigsten Bausteine erdähnlicher Planeten seit der Geburt unserer Sterninsel entstanden und sich in dieser verteilten. Auch »Erdzerstörer« – Riesenplaneten auf Kollisionskurs mit fremden Welten – berücksichtigte er dabei, wie der Journalist Robert Irion im britischen Wissenschaftsmagazin »Science« berichtet.

Das Ergebnis: Vor etwa acht Milliarden Jahren entstand ein bewohnbarer Ring von Sternsystemen, rund 25000 Lichtjahre vom galaktischen Zentrum entfernt, ähnlich weit also wie unsere Sonne. Drei Viertel aller Sterne in dieser lebensfreundlichen Zone sind im Durchschnitt eine Milliarde Jahre älter als die Erde – »eine lange, lange Zeit«, so Lineweaver, in der sich außerirdisches Leben hätte entwickeln können.

Astronomen wie Virginia Trimble von der University of California schimpfen allerdings, die Angelegenheit sei viel zu komplex, um sie so eindeutig beantworten zu können. Trimble argumentiert Irion zufolge, dass quantitative Berechnungen nur dann sinnvoll seien, wenn man die richtigen Zahlen kennt. Wenn etwa für die Entstehung von komplexem Leben im Durchschnitt doppelt so lange Zeit wie auf der Erde notwendig wäre – Lineweaver selbst ging von vier Milliarden Jahren aus –, dann böten ältere Sterne näher am galaktischen Zentrum bessere Lebensbedingungen als Lineweavers GHZ. »Die Autoren der Studie haben den Gefahren durch die Umwelt möglicherweise zu große Bedeutung beigemessen«, schließt Trimble. >> tk

Mal zu viele Supernovae, mal zu wenig Zeit – nur die GHZ bietet ökologische Nischen in der Galaxis.



AUS: SCIENCE, VOL. 33, N. 5654, P. 59-62

AMATEURENTDECKUNGEN

Fotofunde

Wer glaubt, Hobbysterngucker könnten keinen Beitrag zur Forschung leisten, wurde wieder einmal eines Besseren belehrt. Zugegeben: Die Aufnahme, auf der Stu Megan den Asteroiden 2004 BV18 entdeckte, stammt vom Spacewatch-Programm am Kitt Peak Observatory. Doch Megan ist einer von rund dreißig Freiwilligen aus aller Welt, die über das Internet die Auswertung unterstützen.

Anders Jay McNeil. Er richtete vom Hof seines Hauses in Kentucky sein Objektiv auf M 78 im Orion, bemerkte dann aber in seiner CCD-Aufnahme etwas Merkwürdiges. Nach Rücksprache mit Experten wurde klar, dass er einen neuen Nebel 15ter Größe um den Stern Iras 05436-0007 entdeckt hatte. McNeils Ausrüstung: ein Linsenfernrohr mit gerade drei Zoll Öffnung! >> dre

NOAO / ADAM BLOCK



Nun heißt er McNeil-Nebel
Aufnahme durch einen 20-Zöller

größtes verschiebbares Teleskop errichtet +++ Sonne, Mond und Sterne im April +++ Neuer Planetoid im Kuiper-Gürtel entdeckt >

MISSION UPDATE

MARSROVER

Die coolste geologische Exkursion aller Zeiten

Volles Programm für Spirit und Opportunity

Blick zurück Nach dem Anbohren des Steins Adirondack (zwischen den Spuren, gelber Pfeil) macht sich Spirit wieder auf den Weg.

ALLE BILDER: NASA

Nach einer 480 Millionen Kilometer langen Reise zum Roten Planeten hat das Marsmobil Spirit am 17. Februar einen neuen Streckenrekord aufgestellt: 27,5 Meter an einem Tag. Das hat bisher noch kein Marsmobil geschafft. Dabei erwies sich der erste der beiden Rover – Opportunity war noch knapp drei Flugwochen vom Mars entfernt – zunächst als Sorgenkind. Seine Airbags hatten sich verhakt und es dauerte zwölf Tage, bis es endlich hieß: »We have six wheels in the dirt.«



Unter dem Mikroskop findet Opportunity eine Vielfalt unterschiedlicher Sandkörner (Breite des Bildausschnitts: drei Zentimeter).

Dann lief alles wie am Schnürchen – vorerst jedenfalls. Mit seinem Infrarotauge spürte Spirit schon bald Karbonate (Kalk) auf, die sich – zumindest auf der Erde – fast ausschließlich im Kontakt mit Wasser bilden. Allerdings ist noch ungewiss, ob für den Marskalk wirklich Flüsse und Seen vonnöten waren oder ob der dünne Wasserdampf in der Atmosphäre dafür ausreichte. »Das Schöne ist, wir wissen genau, wie wir das herausfinden können«, meint Steve Squyres von der Cornell University. »Finden sich Karbonate in dem feinen Marsstaub? Dann spricht das für die Atmosphären-Hypothese. Bilden sie größere Brocken? Dann entstanden sie wohl in flüssigem Wasser.« Nur wenig später findet das Mößbauer-Spektrometer des deutschen Physikers Göstar Klingelhöfer von der Universität Mainz das Mineral Olivin und somit ein Argument gegen die Wassertheorie. Denn das Silikat ist unter feuchten Bedingungen äußerst instabil und zumindest hier auf der Erde kaum an der Oberfläche zu finden.

Merkwürdig ist, dass die Messplatte des Spektrometers auf dem Boden fast keinen Abdruck hinterlässt. Irgendetwas scheint den Untergrund zu stabilisieren. Sulfate? Chloride? Solche Salze entstehen auf der Erde vornehmlich aus verdunstendem Wasser.

Dann, am 22. Januar, verstummt Spirit plötzlich. Zunächst heißt es noch, Stürme über einer australischen Bodenstation seien für den Kontaktausfall verantwortlich, doch dann ist klar: »We have a very serious situation.« Manche befürchten

> Untersuchungen zum Verlust von Beagle 2 + + + Marserkundung mit Ballon? + + + Freigabe von Mitteln für Europas





Mit den Vorderrädern hat Opportunity einen Graben geschürft (links), während Spirit ein Loch in den Stein namens Adirondack fräste.

Nicht nur sauber, sondern rein?

Eines ist schon jetzt sicher: Es gibt Leben auf dem Mars – und zwar irdisches. Vollkommen steril sind die Marsmobile nämlich nicht. Trotz penibler Reinigung wurden vor dem Start auf der ungefähr 4500 Quadratmeter großen Oberfläche der Rover fast 200 000 bakterielle Sporen gezählt. Ob sie unter den harschen Bedingungen auf Mars eine Überlebenschance haben, ist nicht sicher.

Immerhin: Nachdem die Apollo-12-Astronauten 1969 die Kamera einer früher gelandeten unbemannten Sonde geborgen hatten, fand die Nasa darin irdische Streptokokken, die auch nach zweieinhalb Jahren im Vakuum, unter heftiger Strahlung, bei minus 250 Grad Celsius und ohne Nahrung und Wasser noch lebensfähig waren.

Die Nasa-Richtlinien erlauben auf den Oberflächen von Landegeräten pro Quadratmeter 300 Bakteriensporen – das ist sauberer als Chirurgenbesteck. Innerhalb der elektronischen Bauteile ist deren Konzentration aber mitunter weit höher. Nur gelangen diese Sporen nach menschlichem Ermessen – außer bei einem Absturz – nicht nach außen. So schätzt die Nasa, dass 1999 nach dem Absturz des Mars Polar Lander 700 Millionen irdische Sporen auf die Marsoberfläche gelangten. Beagle war vermutlich ähnlich kontaminiert.

bereits einen fatalen Schaden in der Mechanik, doch zum Glück ist nur der Flashspeicher des Marsmobils defekt. Nach der Neuformatierung des betroffenen Speicherbausteins läuft das Maschinchen aber wieder wie geschmiert.

Perfekt eingelocht

Unterdessen hat auch Opportunity sein Ziel erreicht und landet am 25. Januar in der Meridiani-Tiefebene, der »Hämatitmetropole auf Mars« (Squyres), wo große Mengen des Eisenoxids auf die einstige Existenz von Wasser hinweisen. Am Ende kullert Opportunity sogar in einen ungefähr zwanzig Meter großen Krater. Ein unglaublicher Zufall, denn schließlich wünschen sich die Forscher nichts sehnlicher, als auf kleinem Raum die natürlichen Sedimente, aber auch die Gesteine darunter zu erforschen. »Wir haben mit einem einzigen 300-Millionen-Meilen-Schlag eingelocht«, schwärmt Chefwissenschaftler Squyres. Schon nach einer Woche startet Opportunity seine Erkundungsfahrt und bestätigt sogleich die Existenz von Hämatit – aber auch von Olivin: Die Argumente für oder gegen Wasser liegen nahe beieinander.

Zudem stößt Opportunity auf bräunliche Gesteine, die offenbar aus verfestigtem Sand bestehen und merkwürdige, kleine Kugeln enthalten. Squyres findet, das Ganze sehe aus wie ein Blaubeermuffin. Sind das komprimierte Vulkanaschen oder versteinerte Sanddünen? »Das wissen wir noch nicht, doch wir arbeiten daran.«

Der inzwischen genesene Spirit fährt unterdessen mit Hilfe seines Autopiloten selbstständig vorgegebene Ziele an, wobei die Sicht mitunter schlechter ist als die in Los Angeles bei Smog. Mit seinem »rock abrasion tool« (Rat), einer Art Bohrer, hat Spirit bereits ein einige Millimeter tiefes Loch in den fußballgroßen Stein Adirondack gefräst und damit eine frische Oberfläche für die Analyse geschaffen. Täglich funkt das Mobil ein paar hundert Megabyte mit doppelter ISDN-Geschwindigkeit zur Erde und hat auch zum ersten Mal außerirdischen Kontakt zwischen den beiden Weltraumorganisationen Nasa und Esa hergestellt. Zusammen mit der europäischen Sonde Mars Express erforscht Spirit während deren Überflug die Atmosphäre des Planeten (siehe »Kalibrieren geht über Kartieren«, S. 21).

Längst haben beide Rover über hundert Meter auf ihren Tachos. Alle Geräte funktionieren einwandfrei und sind bereit für die nach Ansicht des immerzu schwärmenden Steve Squyres »coolste geologische Exkursion aller Zeiten«.

>> Joachim Schüring

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Zugang zum Weltraum + + + Neue Shuttleflüge erst Anfang März 2005 >

MISSION UPDATE

KOMETEN I

Rosettas Lander heißt »Philae«

Bei Redaktionsschluss standen alle Zeiger auf »Go«: Am Morgen des 26. Februar sollte eine Ariane-5G+-Rakete nun endlich die Esa-Raumsonde Rosetta auf die lange Reise zum kurzperiodischen Kometen Churyumov-Gerasimenko schicken. Das Startfenster ist bis zum 24. März geöffnet.

Geht alles glatt, so wird Rosetta einen komplizierten Pirouettenkurs einschlagen, der sie dreimal zu Swing-by-Manövern zurück zur Erde führt, einmal aber auch Mars und mindestens einen Kleinplaneten ins Visier nehmen lässt. Bis in die dunklen Regionen jenseits der Jupiterbahn wird die Sonde vordringen. Die Stromversorgung des planetaren Langläufers stellen riesige Solarflügel mit über dreißig Meter Spannweite sicher, deren Leistung jenseits von Jupiter allerdings auf ein Zwanzigstel des Werts in Erdnähe abfallen wird.



Rasanter Anflug Rosetta und Philae zielen auf den Kern von Komet Churyumov-Gerasimenko

ESA

Im Jahr 2014 soll die Kometensonde dann in eine Umlaufbahn um »Churys« Kern einschwenken und nach mindestens drei Monaten Erkundung aus dem Orbit ein Landegerät mit dem Namen »Philae« absetzen. Das auf deutsche Initiative zurückgehende Landemodul wird den ersten Versuch einer Landung auf einem Kometen wagen. Sein Name erinnert an den Philae-Obelisken, der – neben dem berühmteren Stein von Rosetta – eine wichtige Rolle bei der Entschlüsselung der ägyptischen Hieroglyphen spielte. Die Gesamtkosten der ehrgeizigen Mission liegen bei rund einer Milliarde Euro. Deutschland als wichtigste Partnernation steuert etwa 290 Millionen Euro bei.

>> Thorsten Dambeck

SMART-1

Stotternder Ionenmotor



ESA

Trotz Aussetzer liegt die Esa mit ihrer Mondsonde im Plan. Mehrere hundert Mal hat diese bereits die Erde umkreist.

Das britische Wissenschaftsmagazin »New Scientist« meldet Schwierigkeiten mit dem Ionenantrieb der ersten europäischen Mondsonde Smart-1. Danach hat sich der Raketenmotor seit dem Start im vergangenen September 18-mal durch plötzliche Spannungsspitzen abgeschaltet. Diese werden durch energiereiche Protonen ausgelöst, die von der Sonne stammen.

Smart-1 benötigt das kontinuierlich arbeitende Triebwerk, in dem Xenonionen in einem elektrischen Feld beschleunigt werden, um auf einer Energie sparenden Bahn nahe genug an unseren Trabanten heranzukommen. Dort soll die Sonde dann vom lunaren Schwerefeld eingefangen werden.

Seit Ende vergangen Jahres arbeitet die europäische Weltraumorganisation Esa an einer Reparatur-Software zur Lösung des im Jargon »flame-out« genannten Problems. Am 30. Januar schaltete die Bodenkontrolle das elektrische Triebwerk für drei Wochen ab, um in dieser Zeit die wissenschaftlichen Bordinstrumente zu testen. Danach war ein Upload der neuen Software geplant.

>> Thorsten Dambeck

Nur langsam beschleunigen – dafür aber Treibstoff sparen. Ionentriebwerk der Nasa im Test.



JPL / NASA

> Russischer Frachter bringt Vorräte zur Internationalen Raumstation +++ Mainzer Forscher bewertet Bushs Mars-Vorstoß skeptisch

Meldungen zu diesen und anderen Themen finden Sie unter www.wissenschaft-online.de/astronomie

ESA EARTH EXPLORER

Erdbeobachter unterwegs

Der Schwarm von Satelliten, den die europäische Weltraumorganisation Esa zur Erkundung unseres Planeten aussendet, wird immer größer. Vier solcher »Earth Explorer« wurden bereits 1999 ausgewählt. Als erster von ihnen wird Ende dieses Jahres »CryoSat« starten: Er soll die Dicke von polaren und ozeanischen Eisdecken vermessen. 2006 hebt dann »Goce« zur Untersuchung des irdischen Magnetfelds ab und im Jahr darauf werden »ADM-Aeolus« und »SMOS« in die Atmosphäre geschossen. ADM-Aeolus ist auf Windströmungen spezialisiert, während SMOS die Bodenfeuchtigkeit und den Salzgehalt der Meere unter die wissenschaftliche Lupe nehmen soll. Anders als der riesige europäische Umweltsatellit Envisat widmen sich die handlichen Earth Explorer nur einzelnen Fragestellungen, wie etwa den Wechselwirkungen zwischen Erde und Atmosphäre und den globalen Wasser- und Kohlenstoffkreisläufen. So sollen beispielsweise die Ursachen der globalen Erwärmung genauer erforscht werden.

Und andere Satelliten dürften folgen: Im italienischen Frascati kommen im April europäische Wissenschaftler zusammen, um sich auf weitere Wunschkandidaten zu einigen. Zur Wahl stehen »EarthCare«, »Spectra«, »Wales«, »ACE+«, »EGPM« und »Swarm«. Letzterer besteht aus einem Schwarm kleiner Satelliten, die die Veränderungen des irdischen Magnetfelds messen sollen. >> tk

www.esa.int/esaLP/earthexplorers.html



Satellitenschwarm »Swarm« vermisst vielleicht bald das Erdmagnetfeld

ESA

KOMETEN II

Auf Tuchfühlung mit Schweifsternen

Die Raumsonde Ulysses, ein Projekt von Esa und Nasa, dient eigentlich zur Erforschung der Sonne. Dennoch hat die Raumsonde durch Zufall immer wieder mit Kometen zu tun, so im Jahr 1996, als der Schweif des Kometen Hyakutake sie streifte. Kürzlich ging sie auch auf Tuchfühlung mit den Kometen McNaught-Hartley (C/1991 T1) und Soho (C/2000 S5). Der ionisierte Anteil der Schweife folgt den Magnetfeldlinien im Planetensystem und hätte eigentlich die Sonde jeweils verfehlen müssen. Materieauswürfe der Sonne lenkten die Schweife aber so ab, dass sie die Sonde trafen und vom Sonnenwindspektrometer »Swics« registriert wurden.

>> Gerhard Mühlbauer



Abgelenkt Ein Materieauswurf der Sonne ließ einen Kometenschweif über Ulysses hinwegziehen.

ESA, DAVID A. HARDY



NASA

Menschen auf dem Mond – über dreißig Jahre ist es her. Jetzt kommt die »Next Generation«.

FLÜGE ZUM MOND

Mondsüchtig

Seit einiger Zeit kursieren Meldungen, dass verschiedene Staaten in ihren Programmen für bemannte Raumfahrt den Mond und teilweise auch den Mars als Ziel nennen, darunter China, Indien und Russland.

US-Präsident George Bush gab mit seiner Rede im Januar den inoffiziellen Startschuss für dieses Wettrennen. Während die Nachrichtenagentur Itar-Tass einen Fachmann zitiert, Russland könne innerhalb von vier Jahren eine Mondrakete für 600 Millionen Rubel – etwa 16,5 Millionen Euro – einsatzbereit haben, peilt man in den USA eher das Jahr 2020 an, also rund fünfzig Jahre nach Apollo.

Das Weiße Haus richtete bereits eine neunköpfige Kommission ein, die zur Machbarkeit von Bushs Agenda im April einen Bericht vorlegen soll. Nach Einschätzung eines Experten sei das Budget von 150 Milliarden US-Dollar für die nächsten zehn Jahre allerdings niedrig angesetzt – und angesichts zukünftiger Regierungswechsel auch unsicher.

Der nächste Mondflug dürfte ohnehin kein staatliches Projekt sein. Das Miniraumschiff »Trailblazer« der US-Firma Transorbital soll noch in diesem Jahr den Mond umrunden und Fotos zu Kartografiezwecken schießen. Visitenkarten und Texte zahlungskräftiger Kunden, die mit auf die Reise gehen, sollen die Mission finanzieren. >> dre

Zweite Chance für Hubble?



Mars in Farbe und 3-D

Atemberaubende Bilder von einer fremden Welt sendet der europäische Mars-Express-Satellit Tag für Tag zur Erde. Jedes von ihnen enthüllt den Forschern aufs Neue faszinierende Details des Roten Planeten.

>> Gerhard Neukum

Die in Deutschland entwickelte und gebaute hochauflösende Stereokamera »High Resolution Stereo Camera« (kurz HRSC) gewährt den Wissenschaftlern einen einmaligen Blick auf die Oberfläche des Roten Planeten. Obwohl sich die Mission Anfang des Jahres noch nicht in ihrer »Wissenschaftsphase« befand, konnten bereits während der Anpassung der zuvor elliptischen Umlaufbahn von Mars Express an den endgültigen Orbit viele interessante Gebiete überflogen und fotografiert werden.

Mit einer Auflösung von zwölf Metern, Farbe und 3-D bietet die HRSC den Forschern die einzigartige Möglichkeit, Entwicklungen auf der Marsoberfläche anhand von Bildern zu studieren.

Vor allem die großen Vulkangebiete Tharsis und Elysium, Teile des riesigen Grabenbruchsystems Valles Marineris sowie die Region östlich des größten Einschlagbeckens Hellas Planitia sind bereits jetzt dreidimensional und in Farbe erfasst worden.

Spektakulärer Olympus Mons

Schon die ersten Bilder des Marsvulkans Ascraeus Mons (der nördlichste der Tharsis Montes, Foto S. 19 oben) lassen auf Grund ihrer detailgenauen Abbildung einzelner Lavaströme das Herz aller Planetologen höher schlagen. Eines der spektakulärsten Bilder ist jedoch das von Olympus Mons – dem höchsten Vulkan im Planetensystem. Sein Gipfelkrater, die Caldera, wurde von der Kamera in einer bislang nie erreichten Detailgenauigkeit aufgenommen (Foto S. 18/19 unten und Rot-Grün-Poster in der Heftmitte).

Doch auch im viel kleineren Vulkangebiet Elysium konnten die Wissenschaftler erstaunliche Dinge dokumentieren: So entdeckten sie am Kraterrand von Albor Tholus einen riesigen Staubvorhang (oben). Am Rand des Vulkanschilds von Hecates Tholus (Bild S. 18 oben) erkennt man Spuren, die auf das Austreten großer Wassermengen hindeuten und an die Wirkung von Gletschern auf der Erde erinnern.

Auch die Gebiete rund um das große Grabenbruchsystem Valles Marineris und östlich der Tiefebene Hellas Planitia sind



Die Staubfälle von Albor Tholus

Die Caldera des Marsvulkans Albor Tholus hat einen Durchmesser von 35 und eine Tiefe von 3,5 Kilometern. Der Kraterboden reicht dabei fast bis an die Basis des ehemals Feuer speienden Berges, was bei Vulkanen auf der Erde sehr selten der Fall ist. An seinem linken Rand erkennt man einen Staubvorhang, der vom Gipfelplateau in den Krater weht.

augenscheinlich stark von früheren Wasservorkommen geprägt.

Flussbetten auf Mars

Das Reull-Vallis-Tal (unser Titelbild und S. 20 oben), das in das Hellasbecken mündet, erinnert in seiner Form sehr an ein mäanderndes Flusssystem auf der Erde. Und tatsächlich lässt die Gestalt des Tals vermuten, dass die geologische Aktivität hier noch anhielt, nachdem sich das Tal bereits unter dem Einfluss von Wasser geformt hatte. Seine Hänge – so die Vermutung – wurden vielleicht noch bis in jüngste Zeit von Wasser- oder Eismassen abgetragen. Die auf den Bildern sichtbaren schwarz-bläulichen Ablagerungen in der Mitte des Tals sind möglicherweise ein Hinweis auf eine besondere Mineralzusammensetzung.

In der Region östlich von Valles Marineris befinden sich die »Chaotic Terrains«, die als Quellgebiet der großen Ausflusstäler gelten und ihrem Namen mit einer weit verzweigten canyonartigen Struktur alle Ehre machen. Sie münden in die nördliche Tiefebene oder, wie im Fall von Reull Vallis, in das Hellasbecken, den tiefsten Punkt auf Mars. Die chaotischen Gebiete zeichnen sich durch eine Vielzahl von Bergmassiven, Tälern und Tafelbergen (Bild S. 18 unten) aus. Auch sie wurden höchstwahrscheinlich durch Wasser oder Eis geformt.

Schon jetzt hat die HRSC-Kamera eine Fläche von der Größe Westeuropas mit einer Auflösung von zehn bis fünfzehn Metern pro Bildpunkt fotografiert.

Im Verlauf der zwei- bis vierjährigen Wissenschaftsmission soll die gesamte Marsoberfläche – sie entspricht etwa der Fläche aller Kontinente auf der Erde – abgelichtet werden. Ausgewählte Gebiete werden sogar mit der fünfmal besseren Auflösung (zwei bis vier Meter pro Bildpunkt) des Lupenkanals »Super Resolution Channel« (SRC) fotografiert. Diese Aufnahmen werden die Planetologen auf viele Jahre hinaus beschäftigen und ein ganz neues Bild vom Mars vermitteln. <<

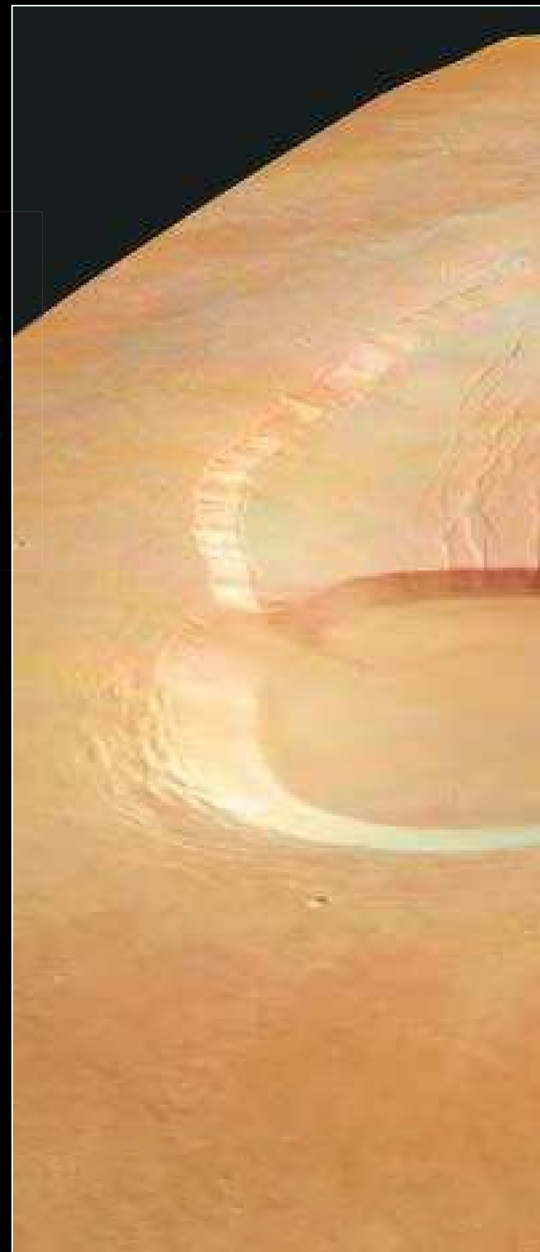
Gerhard Neukum ist wissenschaftlicher Leiter des HRSC-Kamera-Experiments auf Mars Express und Professor an der Freien Universität Berlin.

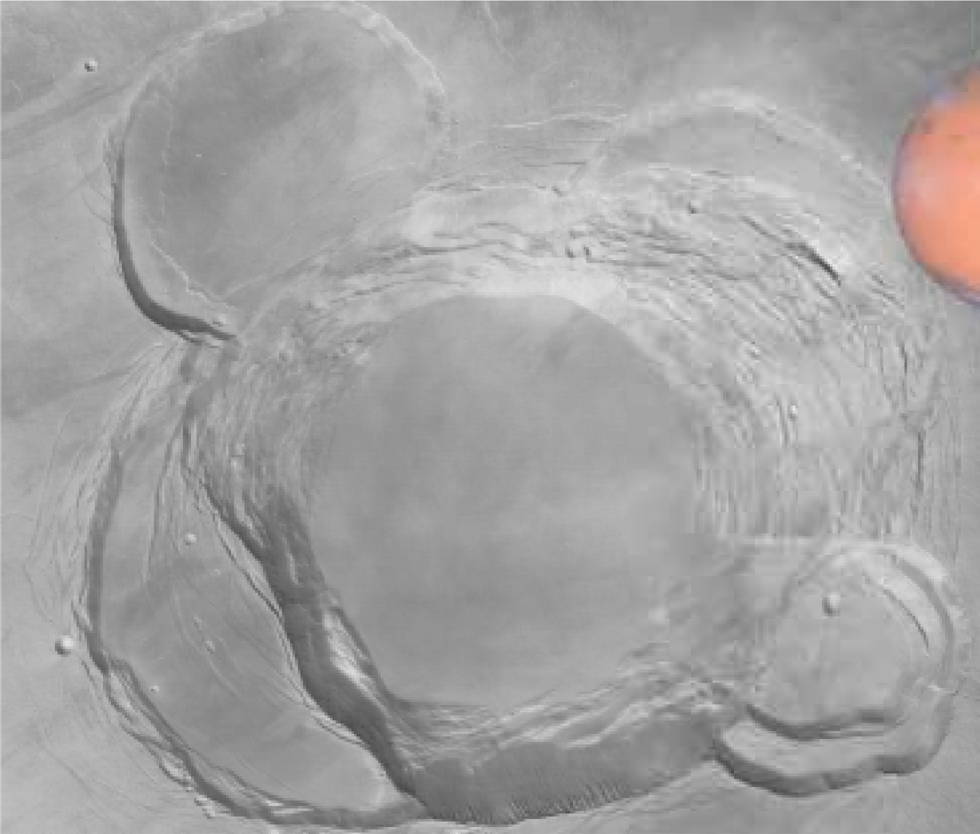


Hecates Tholus ist der nördlichste Vulkan in der Tiefebene Elysium Planitia. Er liegt auf dem gleichen Längengrad wie Albor Tholus, jedoch 750 Kilometer weiter nördlich. Seine Caldera erreicht einen Durchmesser von sieben Kilometern.

Chaotische Gefilde Der Gipfel des riesigen Tafelbergs unten ragt drei Kilometer über seine Umgebung hinaus. Die Region der »Chaotic Terrains« wird von zahlreichen Tälern und Furchen durchzogen, die auf Erosion zurückzuführen sind. Nur einige wenige einzeln stehende Tafelberge haben diesem Einfluss widerstanden. Die beiden Krater haben einen Durchmesser von je 7,6 Kilometern.









Ascraeus Mons ist der nördlichste Vulkan in der Kette der Tharsis Montes. Seine hier in einer Schwarz-Weiß-Aufnahme abgebildete Caldera besitzt einen Durchmesser von sechzig Kilometern. Wie beim etwa 1500 Kilometer nordwestlich liegenden Olympus Mons zeugen unterschiedliche Kraterebenen im Gipfelbereich auch hier von mehreren vulkanischen Ereignissen.



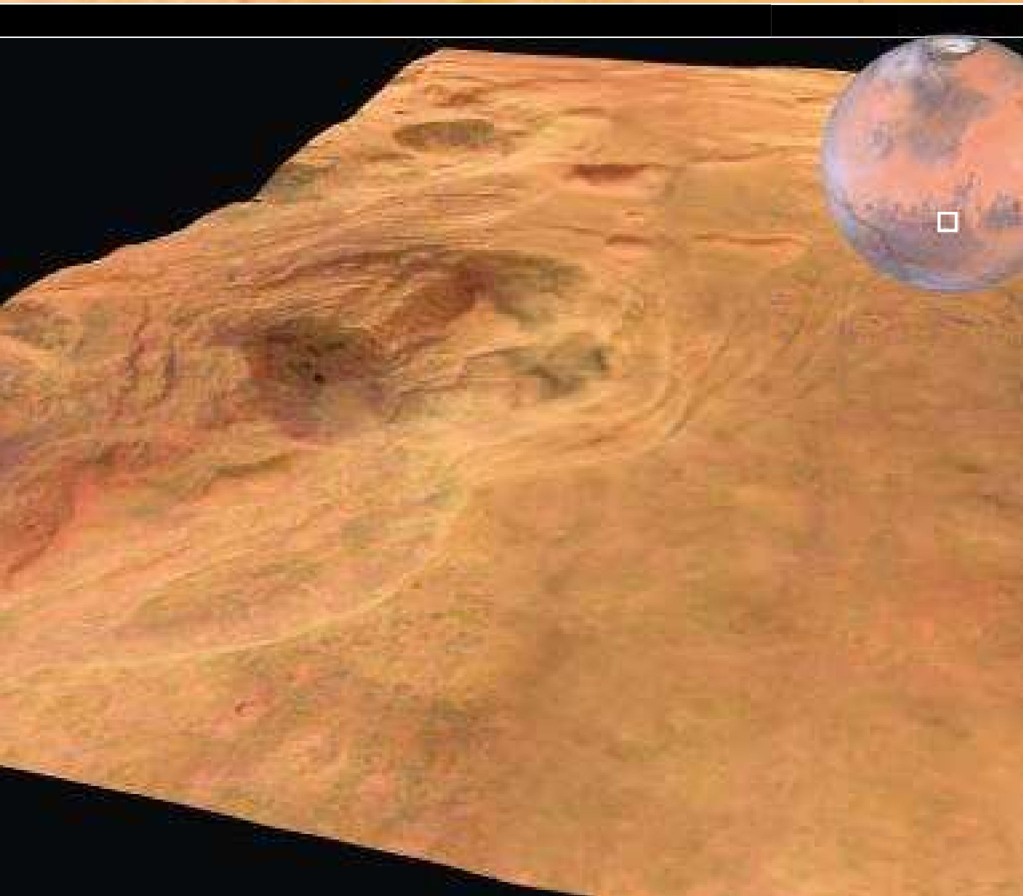
Der eindrucksvolle Gipfelkrater von Olympus Mons wurde aus dem digitalen Höhenmodell des mit 22 Kilometern höchsten Vulkans unseres Sonnensystems berechnet. Seine tiefste Stelle misst drei Kilometer. Das Gebiet hat eine Breite von 102 Kilometern, bei einer Bildauflösung von zwölf Metern. Mehrere kreisförmige Einsturzkrater sind erkennbar, die sich nach der Entleerung der darunter befindlichen Magmakammern bildeten. Die im ältesten Teil des Kraters liegenden, halbkreisförmige Bruchstrukturen wurden durch nachfolgende Einstürze wieder zerstört.

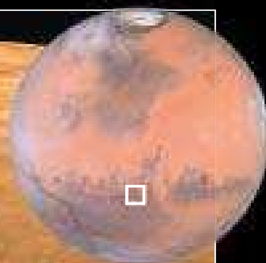
NASA / JPL / MSSS / MOLA / VAN GASSELT



Olympus Mons in der Gesamtansicht

Ungewöhnliche Farben prägen das Reull Vallis, das in das große Hellasbecken mündet. Auf den ersten Blick fühlt man sich an die Mäander eines großen Flusssystems erinnert. Und tatsächlich lässt die Morphologie des Tals den Schluss zu, dass seine Hänge noch in jüngster Zeit von Wasser oder Eis geformt wurden.





Diese Karstregion südlich des großen Grabensystems Valles Marineris zeigt tektonisch geformte Strukturen (unten). Links eine mit Computerhilfe erstellte Aufnahme des gleichen Gebiets aus der Vogelperspektive



Kalibrieren geht über Kartieren

Lange hatten die europäischen Marsforscher auf die ersten Fotos der HRSC-Kamera gewartet. Als die heiß ersehnten Bilder dann endlich auf der Erde eintrafen, gab es jedoch zunächst eine unangenehme Überraschung. >> **Thorsten Dambeck**

Konsterniert blickten die Forscher am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) auf fast weiße, nahezu konturlose Bilder. Hochauflösende 3-D-Panoramen vom Mars? Fehlanzeige! Was war mit der Kamera von Mars Express am roten Nachbarplaneten nur los? »Zu dieser Zeit schwebte noch reichlich Staub in der Marsatmosphäre, mehr als wir ursprünglich erwartet hatten. Das beeinflusste die Marsalbedo, also das Rückstrahlvermögen der Planetenoberfläche«, erklärt mir Ralf Jaumann – Leiter des HRSC-Teams am DLR – bei einer Stippvisite am Berliner Institut für Planetenforschung. »Die Datenkompression tat ein Übriges, und schon waren die überbelichteten Marsporträts vollends ruiniert«, erinnert er sich an die leidvollen Erfahrungen mit den ersten Bildern vom Roten Planeten.

Auf Sparsamkeit getrimmt

Mit neuen Einstellungen für Belichtung und Blende gelangen jedoch schon einen Umlauf später deutlich bessere Schnappschüsse. »Seitdem liegen wir in Sachen Bildhelligkeit genau richtig«, so Jaumann. Die ersten hundert Marsumkreisungen gelten als »Commissioning Phase« – also quasi als Testlauf zur korrekten Inbetriebnahme aller wissenschaftlichen Instrumente an Bord. Dieser Zeitraum wird sich aber wohl noch etwas verlängern, da die Bodenkontrolle der Europäischen Weltraumorganisation Esa in Darmstadt ihrem Satelliten ein Software-Update verpassen will. Es soll den bereits im Anflug auf den Roten Planeten entdeckten Fehler in der Stromversorgung von Mars Express korrigieren und die Bordelektrizität der Sonde auf Sparsamkeit trimmen.

Während dieses Zeitraums steht auch die Eichung der Bildfarben – die Kalibrierung – auf dem Programm, denn momentan kann man bei den Fotos von Mars Express weder von Echt- noch von Falschfarben reden. Die Wahrheit liegt irgendwo dazwischen. »Für die Auswahl der Spektralfilter der Kamera war nicht entscheidend, dass man damit Echtfarbbilder gewinnen kann«, stellt Harald Hoffmann klar. Der DLR-Geologe koordiniert die Planungen für den HRSC-Einsatz. Die Filter seien vielmehr für die geologische Untersuchung der Marsoberfläche optimiert. Hoffmann: »Bilder in Echtfarben haben im Moment nicht oberste Priorität.« Dennoch kommen die im vorangehenden Beitrag abgebildeten Fotos (Seite 16 ff.) den echten Marsfarben sehr nahe.

Doch auch bei der Farbkalibrierung stört die recht hohe Staubbelastung in der Marsatmosphäre: »Die Staubpartikel der Marsluft wirken wie diffuse Streuer. Sie lenken blaues Licht anders als rotes und grünes ab«, erläutert Jaumann. Die grünlich dargestellten Gebiete auf den bereits veröffentlichten Bildern haben schon einige aufgeregte E-Mail-Anfragen nach vermeintlichen Grünflächen auf dem Roten Planeten ausgelöst. Gemeinsame Experimente mit den beiden Rovern der Nasa sollen nun bei der Kalibrierung helfen. Dabei werden die Roverkameras am Boden und die HRSC-Kamera im Orbit bei Überflügen der Landestellen von Spirit und Opportunity zeitgleich aktiviert. Hoffmann: »Das bringt uns einen Farbreferenzpunkt am Boden und die Nasa profitiert von unseren 3-D-Farbaufnahmen mit dem geologischen Kontext ihrer Landestellen.«

Auch mit dem hochauflösenden Lupenkanal (SRC) der Kamera experimentieren die Berliner Forscher noch. Der »Super Resolution Channel« arbeitet mit einem Objektiv von 25 Zentimeter Öffnung und einem Meter Brennweite. Eine Auflösung von bis zu 2,4 Metern pro Bildpunkt ist damit in manchen Regionen möglich.

Heiße Bilder

Doch mit dem SRC-Teleskop ist es ähnlich wie mit jedem Amateurfernrohr: Die Abbildung ist am besten, wenn Teleskop und Umgebung die gleiche Temperatur haben. »Zwischen der Weltraumkälte und der Betriebstemperatur des Detektors besteht jedoch eine Temperaturdifferenz. Deshalb richten wir die Kamera schon lange vor den SRC-Aufnahmen auf den im Vergleich zum Weltraum wärmeren Mars. Gegen die restliche Temperaturdifferenz wird angeheizt«, so Harald Hoffmann. Bei den Aufnahmen von Olympus Mons hat das bereits gut funktioniert. <<

Thorsten Dambeck ist freier Wissenschaftsjournalist in Berlin und trainiert bereits für die erste bemannte Marsmission im Jahr 2030.



ESA / DLR / FU BERLIN

Das DLR-Team in Berlin-Adlershof (in der Mitte mit der roten Krawatte: Ralf Jaumann) bei der Sichtung der neuesten Mars-Express-Bilder

EINMAL UNIVERS

Alles, was Sie schon immer über Kosmologie wissen wollten: Warum ist das Universum voll Dunkler Materie? Wie groß ist es eigentlich? Und wie, bitte schön, kommen Forscher auf die Idee, es könnte die Form eines Fußballs haben?

>> Rainer Kayser

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Als Arno Penzias und Robert Wilson den Vogeldreck aus der großen Hornantenne der Bell Telephone Laboratories entfernten, dachten sie nicht einmal im Traum daran, dass ihnen die Folgen dieser Arbeit einst den Nobelpreis für Physik einbringen würde. Die beiden jungen Wissenschaftler versuchten Mitte der 1960er Jahre, die ausgediente Kommunikationsantenne für radioastronomische Beobachtungen zu nutzen. Doch ein permanentes, scheinbar gleichmäßig aus allen Richtungen kommendes Rauschen störte ihre empfindlichen Messungen. Verzweifelt versuchten Penzias und Wilson, die Ursache der Störstrahlung zu ermitteln – doch weder irdische Sender, noch die Hinterlassenschaft der in der Antenne nistenden Tauben erzeugten das Rauschen.

Eines Tages erzählten sie dem an der Universität im benachbarten Princeton tätigen Astrophysiker Robert Dicke von ihrem Problem. Vermutlich fielen Dicke fast die Augen aus dem Kopf, als er von dem Phänomen hörte, denn gemeinsam mit seinen Kollegen war er gerade dabei, Pläne für ein spezielles Radioteleskop zu entwerfen, um nach eben solcher Strahlung zu suchen.

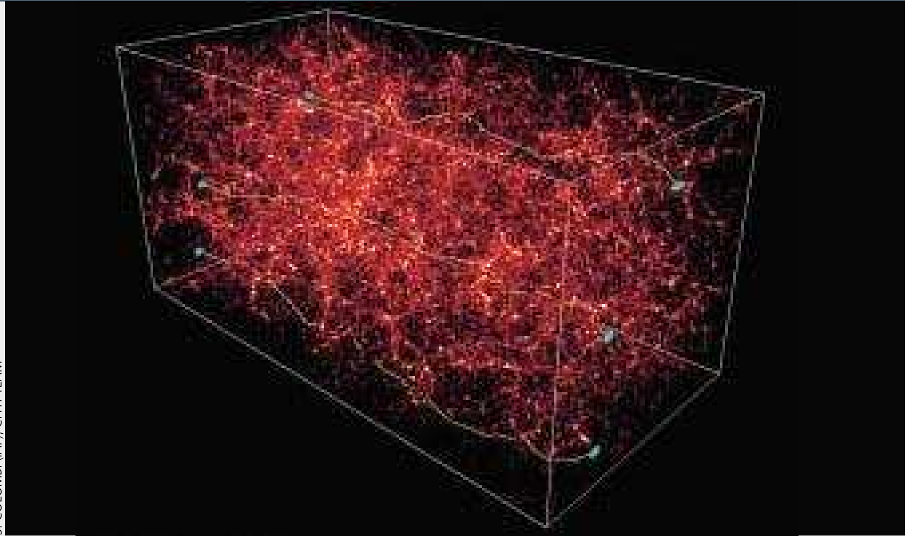
Penzias und Wilson hatten ohne es zu ahnen das schwache Nachleuchten des Urknalls entdeckt. Durch die Expansion des Kosmos ist die einst heiße Strahlung innerhalb von 14 Milliarden Jahren auf eine Temperatur von nur noch 2,7 Grad über dem absoluten Nullpunkt abgekühlt. Gemeinsam mit Dicke veröffentlichten Penzias und Wilson 1965 ihre Entdeckung und beendeten damit einen jahrzehntelangen Disput unter den Kosmologen. Denn der Nachweis der kosmischen Hintergrundstrahlung bewies endgültig, dass unser Universum tatsächlich in einem heißen Urknall begonnen hat und nicht seit Ewigkeiten unverändert besteht.

Eigentlich hätte Albert Einstein schon 1917 auf rein theoretischem Wege diesen Urknall und die Expansion des Weltalls vorhersagen können. >

UM UND ZURÜCK

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Kosmische Aussichten Auch in ganz großen Maßstäben weist das Universum Strukturen auf. Galaxien etwa verteilen sich entlang den »Fäden« eines Netzes im Raum, wie diese Simulation zeigt.



S. COLOMBI (IAP), CFHT-TEAM

Verschlungene Pfade Dunkle Materie (rot, Simulation) zwingt das Licht ferner Galaxien auf krumme Bahnen.

Inflation
Die extreme Gleichmäßigkeit der kosmischen Hintergrundstrahlung stellte die Kosmologen vor ein Problem: Wie kann die Temperatur im Feuerball nach dem Urknall überall gleich gewesen sein – wenn das Universum noch so jung ist, dass die Zeit nicht ausreicht, etwaige Schwankungen auszubügeln? Damals, 380 000 Jahre nach dem Urknall, als die Strahlung freigesetzt wurde, waren verschiedene Regionen des Kosmos schon so weit voneinander entfernt, dass zwischen ihnen kein Temperaturausgleich mehr stattfinden konnte. Somit dürfte der Hintergrund keine fast einheitliche Temperatur haben.

Zur Lösung dieses Dilemmas dachten sich Physiker und Astronomen die Inflation aus: eine nur Sekundenbruchteile dauernde Phase, in der sich das Universum binnen kürzester Zeit »inflationär« um den Faktor 10^{43} (eine 1 mit 43 Nullen) aufblähte. Dadurch wurde eine Region, die klein genug für einen Temperaturausgleich war, so stark aufgebläht, dass aus ihr unser gesamter heute sichtbarer Kosmos hervorgegangen ist. Regionen mit anderen Temperaturen wurden durch die Inflation also sozusagen aus dem Blickfeld geschoben. Kurz gesagt: Der gesamte unseren Instrumenten zugängliche Kosmos könnte nur ein winziger Teil des ganzen Universums sein.

Dunkle Materie
Seit langem wissen Astronomen, dass die Schwerkraft der in den Galaxien und Galaxienhaufen sichtbaren Materie nicht ausreicht, um der Fliehkraft, die diese Systeme zu zerreißen droht, standzuhalten. Sie zogen daraus den Schluss, dass es außer der sichtbaren, leuchtenden Materie eine unsichtbare, Dunkle Materie geben muss. Man nimmt mittlerweile an, dass rund neunzig Prozent der Gesamtmasse der Galaxien dunkel ist. Die US-Raumsonde WMAP hat den Anteil der dunklen Materie nun noch genauer bestimmt: Demnach sind 85,2 Prozent der Materie im Kosmos dunkel. Die Dunkle Materie muss aus bislang unbekannten Elementarteilchen bestehen.

Dunkle Energie
Ende der 1990er Jahre zeigte die Beobachtung ferner Sternexplosionen, Supernovae genannt, dass die Expansion des Kosmos nicht wie bis dahin vermutet langsam abnimmt, weil sich die Massen der Galaxien gegenseitig anziehen, sondern sich im Gegenteil sogar beschleunigt. Offenbar gibt es im Kosmos eine Art abstoßender Kraft, die der Gravitation entgegenwirkt. Einen solchen Effekt verursacht die von Einstein zunächst als rein mathematische Größe eingeführte und dann wieder verworfene »Kosmologische Konstante«.

Heute hat sich für die Abstoßung der Name Dunkle Energie eingebürgert, da es sich um eine Art Energie des Vakuums handelt. Was physikalisch hinter diesem Phänomen steckt, ist den Forschern bislang allerdings unklar.

> Der große Physiker versuchte damals, seine neue Allgemeine Relativitätstheorie auf den Kosmos als Ganzes anzuwenden. Dabei erlebte er eine böse Überraschung: Die Gleichungen lieferten ihm stets ein unter dem gewaltigen Einfluss der Schwerkraft in sich zusammenstürzendes Universum.

Anfang des 20. Jahrhunderts gingen die Wissenschaftler ganz selbstverständlich davon aus, dass unser Kosmos – großräumig betrachtet – zeitlich unveränderlich, also »statisch« ist. Auch dem so revolutionären Einstein fiel nicht ein, dieses »Steady-State-Modell« zu verwerfen – lieber zweifelte er an der Vollständigkeit seiner Theorie. Und beging – in seinen eigenen Worten – die »größte Eselei« seines Lebens: Um die übermächtige Gravitation auszugleichen, führte Einstein eine zusätzliche Größe in seine Gleichungen ein, die »Kosmologische Konstante«, die das All stabilisieren sollte.

Doch schon wenige Jahre später bekam das statische Weltmodell Risse. Vesto Slipher vom Lowell Observatory in Arizona stieß 1923 auf den seltsamen Befund, dass sich von 41 nahen Spiralgalaxien scheinbar 36 von uns fortbewegen und lediglich fünf auf uns zu. Slipher hatte die Spektren der Galaxien untersucht und die darin gefundenen Rot- und Blauverschiebungen der Spektrallinien klassisch als Doppler-Effekt gedeutet. Diesen Dopplereffekt kennen wir alle aus dem täglichen Leben. Fährt ein Polizeiwagen an uns vorbei, so ändert sich scheinbar die Tonhöhe seines Martinshorns: Es erklingt höher, solange sich das Fahrzeug uns nähert, und tiefer, wenn es sich von uns entfernt. Die Bewegung des Polizeiwagens führt zu einer Stauchung oder Streckung der Schallwellen.

Ganz ähnlich ist es bei der Bewegung einer Strahlungsquelle – sei es ein Stern

oder eine Galaxie –, denn Licht ist nichts anderes als elektromagnetische Wellen. Bewegt sich die Strahlungsquelle auf uns zu, so verkürzt sich die Wellenlänge, das Licht wird bläulicher, in der Fachsprache: blauverschoben. Entfernt sich dagegen die Strahlungsquelle, so werden die Wellenzüge gestreckt, das Licht erscheint rotverschoben.

Sollten Sliphers Messungen also bedeuten, dass unsere Milchstraße sich an einem besonderen Ort, gleichsam dem Mittelpunkt des Universums, befindet, von dem sich fast alle anderen Galaxien wegbewegen? Dies widersprach dem »Kopernikanischen Prinzip«, nach dem – entgegen der lange vorherrschenden Ansicht, Mensch und Erde stünden im Mittelpunkt des Universums – unsere Beobachterposition keine spezielle sein sollte.

Der Raum selbst dehnt sich aus

Der deutsche Astronom Carl Wirtz schlug daher vor, es seien nicht die Galaxien, die sich bewegen, sondern vielmehr der Raum selbst, der sich ausdehne. Dann nämlich wäre von allen Galaxien aus eine solche scheinbare »Galaxienflucht« zu beobachten, nicht nur von uns aus – das Kopernikanische Prinzip wäre gerettet. In den Jahren 1928 und 1929 belegten weitere, sehr genaue Entfernungsbestimmungen von Edwin Hubble, dass die scheinbare Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien mit deren Entfernung zunimmt – genau wie es bei einer Expansion des Raums zu erwarten ist.

Die in den Spektren der Galaxien beobachtete Rotverschiebung ist demnach kein von ihrer Eigenbewegung verursachter Doppler-Effekt, sondern das Resultat der Ausdehnung des Raums: Das Licht nimmt während seiner Ausbreitung an dieser Expansion teil, dadurch vergrößern sich seine Wellenlängen ebenso wie die Abstände zwischen den Galaxien.

Wenn nun das Weltall expandiert, dann muss seine Materiedichte, also die >

Ist das Universum ein (vierdimensionaler) Fußball?

Unser Universum ist nicht nur endlich, sondern auch von seltsamer Form. Nach Auffassung des französischen Astronomen Jean-Pierre Luminet und des amerikanischen Mathematikers Jeff Weeks ist es rund 37 Milliarden Lichtjahre groß und ähnelt einem aus Fünfecken zusammengenähten Fußball, wenngleich in vier räumlichen Dimensionen. Mit dieser Form, so die beiden Forscher, lassen sich die Temperaturschwankungen in der kosmischen Hintergrundstrahlung besser erklären als mit dem Standardmodell eines unendlichen, flachen Kosmos.

»Seit der Antike fragen sich die Menschen, ob unser Universum endlich oder unendlich ist. Jetzt können wir diese Frage endlich anhand von Beobachtungsdaten beantworten«, freut sich Weeks. Als Anfang 2003 die ersten WMAP-Daten veröffentlicht wurden, schienen sie ein spektakulärer Triumph des Standardmodells zu sein: Sie bestätigten, dass unser Universum überwiegend aus Dunkler Materie und Dunkler Energie besteht, unendlich groß ist und dass seine Expansion durch die Dunkle Energie beschleunigt wird.

Eine Kleinigkeit hielten Weeks und Luminet aber für ungeklärt. Eigentlich sollte ein unendlich großes Universum Temperaturschwankungen auf Skalen oberhalb von sechzig Bogengrad aufweisen, was aber nicht der Fall war. Die Forscherkollegen zogen einen nahe liegenden Schluss: Das Universum ist nicht unendlich, sondern endlich – dann kann es auch keine Schwankungen auf Winkelskalen geben, die größer sind als der Kosmos selbst.

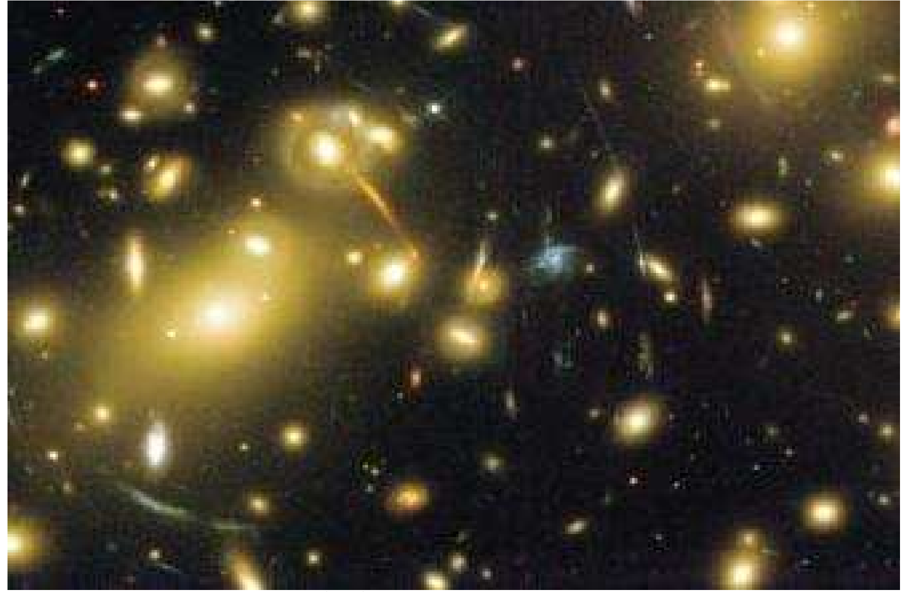

NATURE

Spielball der Schöpfung? Forschern zufolge hat der Kosmos die Form eines »dodekaedrischen Poincaré-Raums«. Auf unsere dreidimensionale Weltsicht heruntergerechnet entspricht dieser einem Fußball.

Wie aber soll so ein endlicher Kosmos geometrisch aussehen? Wie ein »dodekaedrischer Poincaré-Raum«, meinen die Forscher – ein in die vierte Dimension hinein gekrümmter Raum, begrenzt von zwölf fünfeckigen, zweidimensionalen Flächen. Diese gekrümmten Dodekaeder (von zwölf Flächen begrenzte Körper) wiederholen sich periodisch und bilden so eine »Hypersphäre«. Das dreidimensionale Analogon dafür ist ein Fußball, der aus gekrümmten Fünfecken lückenlos zusammengenäht ist.

Nicht der Dodekaeder also (nämlich unser eigentlicher Kosmos) ähnelt dem Fußball (ein Fußball ist schließlich eine Kugel und kein Dodekaeder!), sondern die sich durch Aneinandersetzung solcher Dodekaeder ergebende vierdimensionale Struktur. Um eine Dimension verringert entspricht also unser Kosmos einem der (leicht gekrümmten) Fünfecke auf dem Fußball, der gesamte Fußball entspricht der sich durch Wiederholung der Basisstruktur ergebenden »Hypersphäre«. Der Fußball ist eine dreidimensionale Analogie für eine vierdimensionale Struktur.

Dieses Modell passt nicht nur exakt zu den WMAP-Daten, es macht sogar nachprüfbare Vorhersagen. So steht die Krümmung des Raums in dem Modell fest – denn sonst passten die einzelnen Dodekaeder nicht nahtlos aneinander. Sie ist jedoch so gering, dass sie im Rahmen der Messgenauigkeit des WMAP-Satelliten nicht von einem flachen Kosmos zu unterscheiden ist. Nur noch genauere Messungen der Hintergrundstrahlung könnten also diese Krümmung – und damit auch das Modell selbst – bestätigen oder widerlegen.


NASA, ANDREW FRUCHTER UND DAS ERO-TEAM (STSCI)

Unwirkliche Bilder Je größer die Entfernungen, desto seltsamer die Effekte: Weil der Galaxienhaufen Abell 2218 das Licht hinter ihm liegender Galaxien durch seine Schwerkraft ablenkt, erscheinen sie bogenförmig verzerrt.

> Anzahl der Teilchen pro Volumeneinheit, mit der Zeit abnehmen. Umgekehrt, so lässt sich folgern, muss die Dichte im Kosmos, je weiter man in die Vergangenheit zurückblickt, mehr und mehr zunehmen. Alexander Friedmann und Abbé Georges Lemaître waren die ersten, die diese Überlegung konsequent zu Ende dachten und eine Entstehung des Universums aus einem ultradichten Urzustand, einem »Uratom« oder »kosmischen Ei«, vorschlugen. Der Begriff »Urknall« (Big Bang) wurde erst später von dem britischen Astronomen Fred Hoyle geprägt.

Hoyle, der bis zu seinem Tod im Jahre 2001 trotz aller Beobachtungsbefunde am Steady-State-Modell des statischen Weltalls festhielt, hatte ihn eigentlich als spöttische Beschreibung des explosionsartigen Beginns des Kosmos gemeint – doch ausgerechnet dieser Begriff setzte sich sowohl in der Öffentlichkeit als auch in der Fachwelt durch.

Am Anfang war der Feuerball

In den 1940er Jahren stießen dann George Gamow, Ralph Alpher und Robert Herman dann auf die bis dahin nicht berücksichtigte Tatsache, dass ein sehr dichter Anfangszustand auch mit sehr hohen Temperaturen einhergehen muss. Der Beginn des Kosmos war also ein dichter, heißer »Feuerball« – und die Strahlung dieses Feuerballs sollte, gleichsam als Echo des Urknalls, noch heute den Raum erfüllen.

Damit war den Astronomen endlich eine Möglichkeit in die Hand gegeben, die Hypothese vom Urknall durch Beobachtungen zu untermauern. Gamow und seine Kollegen sagten vorher, dass die Urknallstrahlung durch die Expansion des Raums auf eine Temperatur von fünf bis fünfzig Grad über dem absoluten Nullpunkt abgekühlt sein sollte. Es vergingen

Die Geometrie des Kosmos

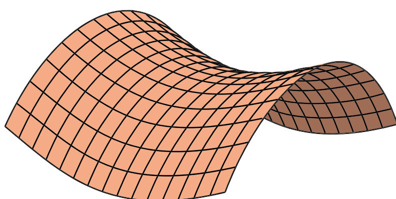
Wendet man Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie auf das Universum als Ganzes an, so erhält man eine Beschreibung der räumlichen Geometrie und der zeitlichen Entwicklung des Kosmos. Als Lösung dieser Gleichungen kommen drei unterschiedliche Geometrien in Frage. Im einfachsten Fall ist der Raum flach, folgt also der normalen euklidischen Geometrie, in der die Winkelsumme in einem Dreieck 180 Grad beträgt. Er kann jedoch auch positiv oder negativ gekrümmt sein. Bei einer positiven Raumkrümmung wäre die Winkelsumme in einem Dreieck größer, bei einer negativen Krümmung kleiner als 180 Grad.

Es ist für uns dreidimensional denkende Wesen praktisch unmöglich, sich einen gekrümmten Raum vorzustellen. Behelfen wir uns deshalb mit einer Analogie: Nehmen wir an, der Kosmos besäße nur zwei räumliche Dimensionen. Ein flacher Kosmos wäre dann eine unendlich ausgedehnte Ebene. Ein positiv gekrümmter Kosmos entspräche der Oberfläche einer Kugel: Das Universum ist zwar unbegrenzt, besitzt aber ein endliches Volumen. Immer noch schwierig darzustellen ist ein Universum mit negativer Krümmung: In zwei Dimensionen entspricht dies einer so genannten Sattelfläche.

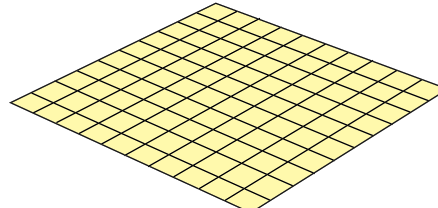
Welche Form unser Kosmos tatsächlich besitzt, hängt von der gesamten Materie- und Energiedichte ab. Übersteigt diese einen kritischen Wert, so ist die Krümmung positiv, liegt sie darunter, ist sie negativ. Die WMAP-Messungen zeigen, dass die Gesamtdichte einschließlich der dunklen Energie im Rahmen der Messgenauigkeit exakt dem kritischen Wert entspricht – vermutlich ist unser Kosmos also flach.

Zweidimensionale Analogien für die dreidimensionale Geometrie unseres Universums

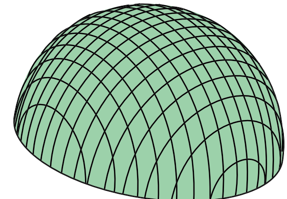
negative Krümmung



flacher Kosmos



positive Krümmung



S&T / AH

BEIDE BILDER: NASA

Blick auf den Hintergrund

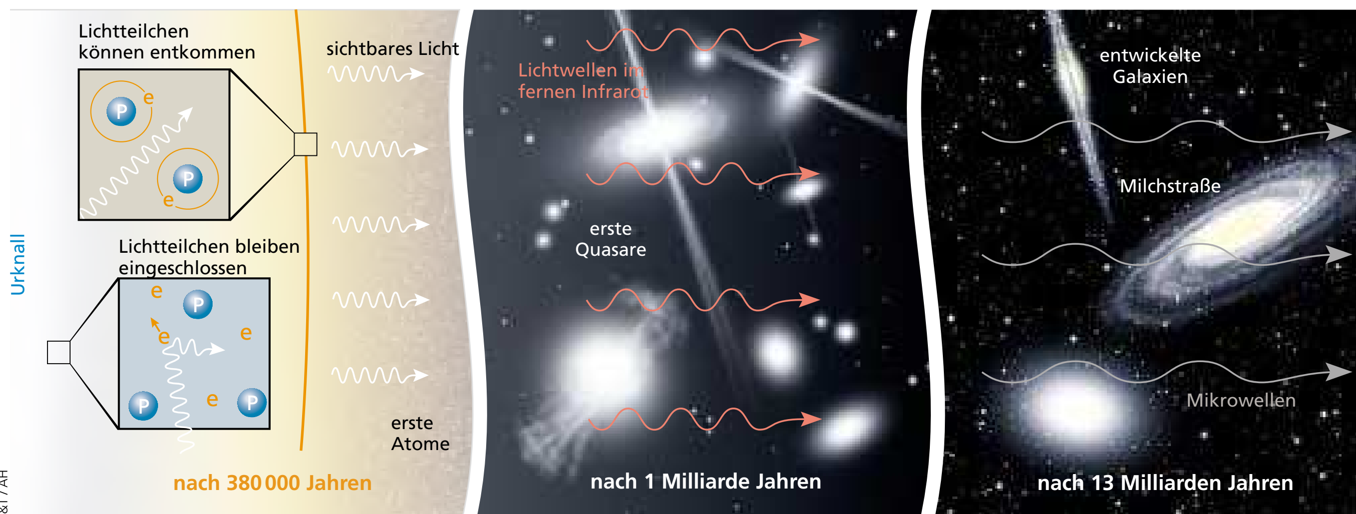
Die WMAP-Sonde folgt der Erde wie ein Hund an der Leine und schießt präzise Fotos des kosmischen Hintergrunds (kleines Bild).

jedoch noch fast zwei Jahrzehnte, bis diese Vorhersage tatsächlich durch Penzias und Wilson bestätigt werden konnte – Gamow hatte sich allerdings um einen Faktor zehn verschätzt: Die Temperatur der Mikrowellenstrahlung war mit 2,7 Grad Kelvin etwas niedriger als erwartet.

Undurchsichtige Teilchenmixtur

Bis heute ist die Hintergrundstrahlung eines der wichtigsten Hilfsmittel für Kosmologen, um Informationen über unser Universum zu gewinnen. Sie entstand rund 380000 Jahre nach dem Urknall: Damals wurde die bis dahin undurchsichtige Mixtur aus Protonen, leichten Atomkernen und Elektronen innerhalb kürzester Zeit durchlässig für elektromagnetische Strahlung. Bereits zu diesem Zeitpunkt war die Materie in unserem Kosmos nicht völlig gleichmäßig verteilt – sonst hätten sich im Verlauf der Jahrmilliarden keine Galaxienhaufen, Galaxien, Sterne und Planeten bilden können. Diese ursprünglichen Dichteschwankungen prägten sich auch der Hintergrundstrahlung ein und sind noch heute als winzige Schwankungen der Strahlungstemperatur messbar.

Doch die Messung der Temperaturschwankungen im Echo des Urknalls bedeutet für die Kosmologen mehr, als nur die Saat der heutigen kosmischen Strukturen zu beobachten. Die Stärke und die Verteilung der Schwankungen hängen nämlich davon ab, welche Form unser Kosmos besitzt, aus welchen Bestandteilen er besteht und – noch erstaunlicher! – wie die Expansion des Universums in den ersten Sekunden- >



So wurde das All durchsichtig

Erst ab 380000 Jahren nach dem Urknall konnten Lichtteilchen aus der dichten Materieansammlung entweichen (unten). Diesen Zeitpunkt hielt WMAP im Bild fest (oben).

Stimmt hier irgendetwas nicht? »Die Astronomen blicken mit immer besseren Teleskopen immer tiefer in den Kosmos und damit auch in dessen Vergangenheit. So berichteten sie kürzlich von einer zehn Milliarden Lichtjahre entfernten Galaxie. Das Licht, das diese vor zehn Milliarden Jahren ausgesandt hat, trifft jetzt hier ein. Daher sehen wir sie in ihrem Zustand vor zehn Milliarden Jahren. Das Problem: Vor zehn Milliarden Jahren war das Universum gemäß der Urknalltheorie erheblich kleiner, es maß etwa ein Drittel der heutigen Größe. Demnach kann die Galaxie zu diesem Zeitpunkt nur etwa drei Milliarden Lichtjahre von uns entfernt gewesen sein. Das vor zehn Milliarden Jahren von ihr ausgestrahlte Licht hätte also schon vor sieben Milliarden Jahren hier eintreffen müssen. Irgendetwas stimmt doch hier nicht!?«

Immer wieder stellen Leser ähnliche Fragen. In der Alltagswelt ist »Entfernung« ein eindeutiger Begriff. Die Entfernung zwischen A und B hängt nicht davon ab, wie oder wann wir sie messen. Ob wir ein Maßband nehmen oder die Laufzeit eines Laserpulses verwenden – es kommt stets das Gleiche heraus.

Über kosmische Entfernungen hinweg ist das anders: Im expandierenden Weltall ändern sich Entfernungen mit der Zeit. Hinzu kommt, dass der Kosmos möglicherweise nicht eben ist (das behaupten zwar aktuelle Messungen, doch deren Genauigkeit ist begrenzt), sondern gekrümmt – also hängt die Entfernung nicht nur von der Zeit, sondern auch von der Methode der Messung ab.

Die am häufigsten verwendete Entfernungsangabe ist die Lichtlaufzeit: Das Licht der erwähnten Galaxie war zehn Milliarden Jahre zu uns unterwegs. Allerdings merkt man ihm seine Laufzeit nicht an. Was die Astronomen wirklich messen, ist die Rotverschiebung: Auf Grund der kosmischen Expansion vergrößert sich die Wellenlänge des Lichts. Eine Rotverschiebung von 1 bedeutet, dass die Wellenlängen sich verdoppelt haben, bei 2 verdreifacht – und so weiter.

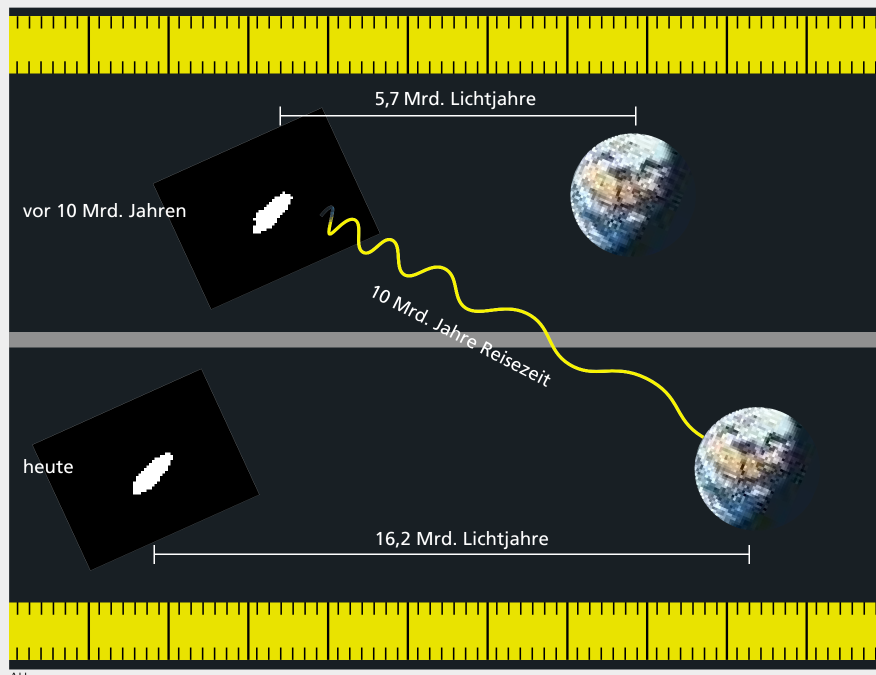


Aus der Rotverschiebung lässt sich nun die Lichtlaufzeit berechnen, vorausgesetzt man kennt das Alter des Kosmos und das Tempo seiner Expansion. Die Daten des Satelliten WMAP zeigen, dass das Licht einer Galaxie mit einer Rotverschiebung von 1,82 zehn Milliarden Jahre benötigte, um heute bei uns einzutreffen. Sagen wir also, diese Galaxie sei zehn Milliarden Lichtjahre entfernt, meinen wir damit die anhand der Rotverschiebung ermittelte Lichtlaufzeit.

Natürlich lässt sich auch eine Entfernung analog zur Messung mit einem Maßband definieren. Diese stimmt wegen der andauernden Expansion aber immer nur für einen bestimmten Zeitpunkt.

War das Licht zehn Milliarden Jahre unterwegs und dehnte sich gleichzeitig der Raum aus, so ist unsere Beispielgalaxie heute weiter als zehn Milliarden Lichtjahre entfernt, nämlich 16,2 Milliarden Lichtjahre. Und als sie vor zehn Milliarden Jahren ihr Licht aussandte, betrug diese Entfernung nur 5,7 Milliarden Lichtjahre. Das Weltall ist also seit der Emission der Strahlung um etwa das Dreifache angewachsen.

Das Licht der Galaxie konnte uns aber nicht in 5,7 Milliarden Jahren erreichen, da der Kosmos während seiner Reise größer wurde – das Licht musste gegen die Expansion des Alls »ankämpfen« und brauchte deshalb zehn Milliarden Jahre für diese Reise. Damit klärt sich der vermeintliche Widerspruch auf.



Lange Reise Weil das Licht dieser Galaxie 10 Milliarden Jahre zu uns unterwegs war, sagt man: Sie ist 10 Milliarden Lichtjahre entfernt.

> bruchteilen nach dem Urknall genau verlaufen ist.

Im Sommer 2001 startete die Nasa die »Wilkinson Microwave Anisotropy Probe«, kurz WMAP, einen Spezialsatelliten zur bislang genauesten Vermessung der Hintergrundstrahlung. Die Schwankungen in der Temperatur der Hintergrundstrahlung betragen nur wenige millionstel Grad! Um ungestört von irdischen Einflüssen operieren zu können, ist WMAP am Lagrange-Punkt L2 postiert, eineinhalb Millionen Kilometer von der Erde entfernt, in entgegengesetzter Richtung zur Sonne. Die dort herrschenden Schwerkräfte von Sonne und Erde heben sich gerade so auf, dass die Sonde antriebslos gemeinsam mit unserem Planeten sein Zentralgestirn umkreisen kann.

Menschen, Sterne und Dunkle Materie

Im Februar 2003 veröffentlichten die beteiligten Forscher die ersten Ergebnisse von WMAP: Erstmalig war es gelungen, aus der Hintergrundstrahlung die Struktur des Kosmos mit sensationeller Genauigkeit zu bestimmen. Nur vier Prozent des gesamten Materie- und Energiegehalts unseres Universums bestehen, so zeigte sich, aus normaler Materie – also jener Materie, aus der sich auch Menschen, Planeten und Sterne zusammensetzen. 23 Prozent dagegen sind Dunkle Materie, eine bislang rätselhafte Substanz aus noch unbekannten Elementarteilchen. Noch mysteriöser ist die Dunkle Energie, die 73 Prozent des Universums ausmacht und so auch seine künftige Geschichte bestimmt: Die Dunkle Energie wirkt der Anziehungskraft der Materie entgegen und sorgt so dafür, dass sich die Expansion des Weltalls beschleunigt.

Die WMAP-Daten zeigen auch, dass unser Kosmos – im Rahmen der Messgenauigkeit – flach ist (siehe Kasten S. 26) und in den ersten Sekundenbruchteilen nach dem Urknall eine so genannte inflationäre Phase durchlaufen hat, bei der sich das Universum in kürzester Zeit rasant aufblähte.

Für die Kosmologen waren diese Ergebnisse keine Überraschung, sondern vielmehr die dringend erwartete Bestätigung ihrer bisherigen Vermutungen. Messungen an Galaxienhaufen, Supernovae und Quasaren sowie theoretische Überlegungen hatten bereits zu einem Standardmodell des Kosmos geführt, das WMAP nun mit hoher Genauigkeit und – wichtiger noch – unabhängig von bisherigen Messverfahren bestätigen konnte. Jetzt erst sind die Forscher endgültig sicher, dass Phänomene wie die beschleunigte Expansion nicht durch ein bislang unbekanntes Verhalten der beobachteten Himmelsobjekte vorgetäuscht werden.

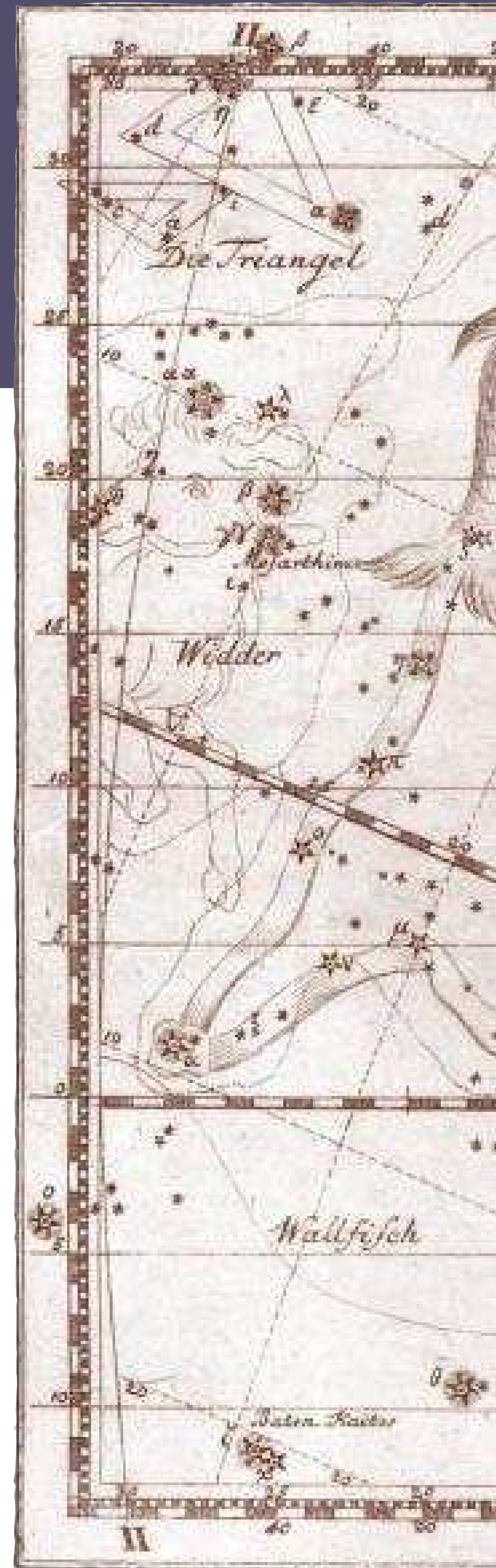
So wissen die Kosmologen am Anfang des 21. Jahrhunderts mehr denn je über unser Universum. Erstmals gibt es ein gesichertes Modell des Kosmos und seiner räumlichen und zeitlichen Entwicklung. Dennoch befinden sich die Kosmologen in einer recht unbefriedigenden Situation: Nur ein kleiner Teil des Kosmos, gerade einmal vier Prozent – die gewöhnliche Materie –, sind der direkten Beobachtung mit Teleskopen zugänglich. Über die restlichen 96 Prozent wissen wir bislang so gut wie nichts. Wer weiß, welche Überraschungen dieser unbekannte Teil des Kosmos noch birgt. <<

Rainer Kayser ist Astrophysiker und lebt als freier Wissenschaftsjournalist in Hamburg.

WEGWEISER AM

»Oh mein Gott, es ist voller Sterne«, sagt der Astronaut David Bowman in Arthur C. Clarkes Buchklassiker »2001 – Odyssee im Weltraum«. Astronomieeinsteigern geht es zuweilen ähnlich. Wer die Sterne vor lauter Himmel nicht findet, erhält hier das Rüstzeug zur Orientierung am Firmament.

>> **Gerhard Mühlbauer und Thilo Körkel**



Auch aufs Geratewohl findet so mancher seinen Stern. Doch schon ein paar Stunden später hat sich dieser aus dem Staub gemacht, nach einigen Wochen ist er hinterm Horizont verschwunden und auch der Beobachterkollege, dem man seinen Fund mitteilte, hat ihn nie entdecken können. Solche Fehlschläge wollen sich Profiastronomen nicht leisten: Um Sterne, aber auch Planeten und Galaxien zu lokalisieren und Informationen über ihre Position auszutauschen, benötigen sie eine gemeinsame »Sprachregelung«: ein Koordinatensystem. Davon gibt es nicht nur eines, sondern eine ganze Reihe, und jedes von ihnen hat seinen speziellen Anwendungsbereich.

Wenn alle dieselbe Sprache sprechen

Das hört sich komplizierter an, als es ist. Besonders leicht ist das **Horizontsystem** zu verstehen: Nennen Sie einfach die Himmelsrichtung, in die Sie blicken, sowie die Höhe eines Objekts in Bogengrad (zum Beispiel 0 Grad für ein Objekt auf Horizonthöhe, 45 Grad für eines auf halber Höhe und 90 Grad für ein Objekt senkrecht über Ihnen, am **Zenit**) – und schon weiß jeder Bescheid, der mit Ihnen vom selben Hügel zu den Sternen guckt.

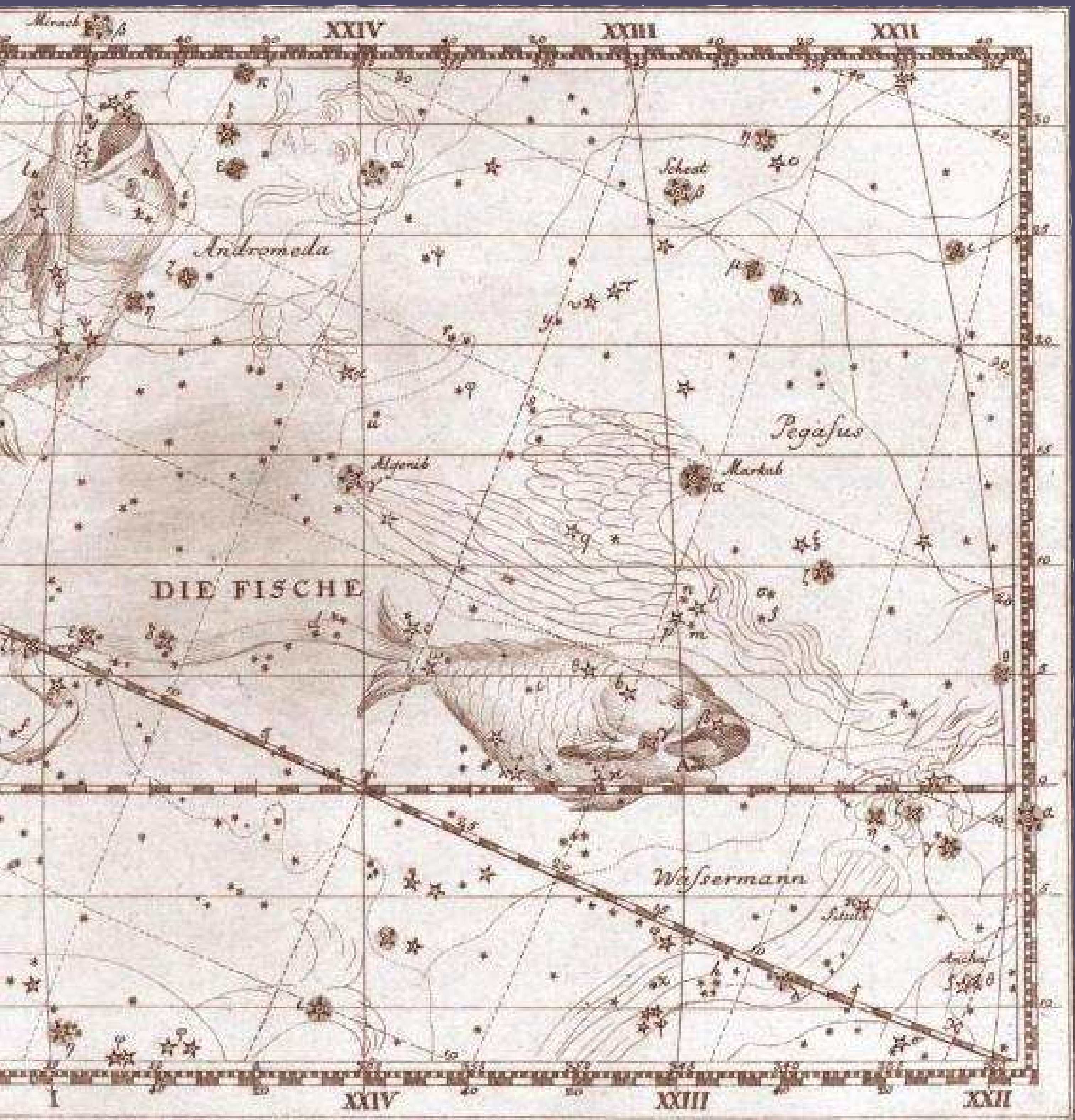
Auch wenn ein Stern hinter dem Horizont verschwunden ist, hat er eine Höhe, die dann allerdings negativ ist. Steht er etwa direkt unter Ihren Füßen am **Nadir**, dem Gegenstück des Zenits, beträgt seine Höhe –90 Grad. Und noch etwas: Statt der Höhe über dem Horizont können Sie auch den Winkelabstand vom Zenit angeben. Beträgt die Höhe 60 Grad, fehlen noch 30 Grad bis zum Zenit. Dies ist die so genannte **Zenitdistanz**.

Ein bisschen genauer nehmen es die Astronomen dann aber doch. Sie messen die Himmelsrichtung nicht grob als Süden oder Südosten, sondern als Winkel, und bezeichnen diese Größe als Azimut. Der Azimut durchläuft einen vollen Kreis von null bis 360 Grad. Darüber allerdings, welcher Himmelsrichtung ein **Azimut** von null Grad entspricht, konnte man sich bislang nicht einigen. Deshalb heißt es aufpassen: Mancher Astronom beginnt mit dem Zählen im Süden (und zählt dann westwärts weiter), manch anderer im Norden (und zählt ostwärts weiter). Geografen sind da eindeutiger: Sie bevorzugen die zweite Variante.

Die »Mittagslinie«, der **Meridian**, dient als Nullpunkt des Azimuts. Er ist ein Kreisbogen mit dem Erdmittelpunkt als Zentrum und verläuft von Nord nach Süd durch den Zenit. Er schneidet den Horizont bei null Grad, wenn Sie von Süden aus, beziehungsweise bei 180 Grad, wenn Sie von Norden aus zählen. Blicken Sie einmal länger in den Himmel, >

Koordinatennetze im Sternatlas von Johann Elert Bode aus dem Jahr 1782. Die gestrichelten Linien stellen Ekliptik und Himmelsäquator dar.

HIMMEL


XXIV
XXIII
XXII
Mirach
Andromeda
Scheat
Pegasus
Algenib
Markab
DIE FISCHE
Wassermann
XXIV
XXIII
XXII

> werden Sie feststellen, dass die meisten Sterne genau dann ihren höchsten Punkt erreichen, »kulminieren«, wenn sie gerade den Meridian überqueren.

Einen Haken hat das Horizontsystem allerdings, und zwar einen großen. Beobachter an anderen Orten dieser Erde sehen natürlich einen anderen Horizont, und wo sich ein Stern nun genau befindet, hängt von der Tages- und auch der Jahreszeit ab – schließlich dreht sich der Himmel einmal täglich über uns hinweg und die Erde kreist unablässig um die Sonne.

Doch die Astronomen umgehen dieses Problem auf elegante Weise. Statt des Horizontsystems benutzen sie das **Äquatorialsystem**, das auf sehr einfache Weise mit der Erdrotation zusammenhängt. Weil es so nützlich ist, gehört es zum Standardwerkzeug von Forschern und Beobachtern und wird in praktisch jedem Sternatlas benutzt. Erkennbar ist das Äquatorialsystem an der Angabe der Koordinaten Rektaszension und Deklination, die der geografischen Länge und Breite auf unserem Globus entsprechen.

Stellen Sie sich einfach vor, Sie säßen im Erdmittelpunkt, um Sie herum der Sternhimmel. Fast alle astronomischen Objekte sind so weit entfernt, dass sie erscheinen, als wären sie auf einer unendlich weit entfernten Kugelfläche aufgebracht, die wir von innen betrachten. Eine solche Kugel können wir nun auf dieselbe Weise mit einem Äquator und zwei Polen ausstatten, wie wir das auch für die Erdkugel tun.

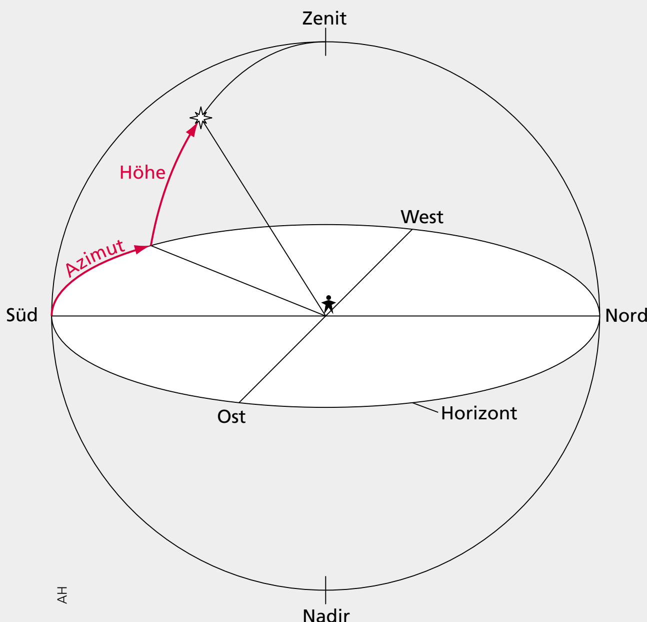
Wenn Sie also vom Erdmittelpunkt aus den Erdäquator betrachten und sich diesen bis ins Unendliche ausgedehnt denken – so lange, bis er an der Oberfläche unserer gedachten Himmelskugel verläuft –, erhalten Sie die Linie des Himmelsäquators. Und genau wie die Erde hat auch die Himmelskugel zwei Pole: Stellt man sich die Erdachse in nördlicher Richtung so weit verlängert vor, dass sie durch die Himmelskugel »sticht«, liegt dort der Himmelsnordpol. Entsprechendes gilt für den Himmelssüdpol.

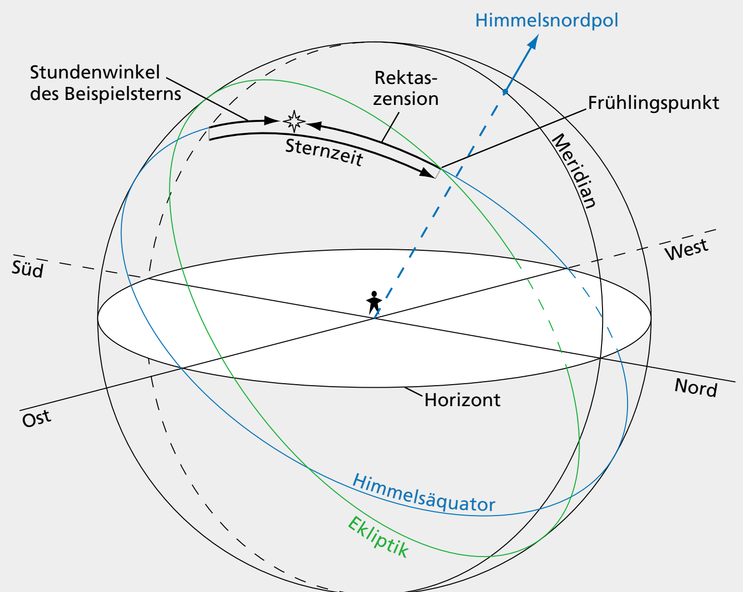
Erfreulicherweise sorgen die Pole für ein wenig Konstanz am Nachthimmel: Sie gehen weder auf noch unter, sondern stehen die ganze Nacht hindurch am selben

Was Teleskope mit Koordinatensystemen zu tun haben



In aller Regel lassen sich Teleskope um zwei senkrecht zueinander stehende Achsen drehen. Bei azimutalen Montierungen (linkes Bild) sind sie horizontal und vertikal angeordnet: So sind Horizonthöhe und Azimut besonders einfach einzustellen. Schwierig wird es, wenn Sie ein solches Teleskop der Bewegung eines Sterns nachführen wollen: Dann müssen Sie es um beide Achsen gleichzeitig drehen. Äquatoriale Montierungen machen es dem Beobachter in dieser Hinsicht leichter: Sie verfügen über je eine Achse für Rektaszension und Deklination. Um einem Stern zu folgen, unter dem Sie sich mit der Erde wegdrehen, müssen Sie das Teleskop nur um die parallel zur Erdachse orientierte Stunden- oder Polachse (rechtes Bild) nachführen.





Leben in der Kugel Horizontales (links) und äquatoriales (rechts) Koordinatensystem der Astronomie. Im rechten Bild liegt unser Beispielstern der Einfachheit halber auf dem Himmelsäquator, hat also Deklination null Grad.

Fleck. Beobachter auf der nördlichen Hemisphäre sehen natürlich nur den Nordpol, solche im Süden nur den Südpol.

Haben wir nun unsere Himmelskugel, können wir auf ihr auch Koordinaten angeben. Die Breitenkoordinate heißt in diesem System **Deklination**, abgekürzt Delta (δ). Sie gibt an, um wie viel Grad ein Stern über dem Himmelsäquator steht, und läuft daher von –90 Grad (dem Himmelssüdpol) bis +90 Grad (dem Himmelsnordpol). Hier zeigt sich schon ein großer Vorteil des Äquatorialsystems: Die Deklination eines Sterns bleibt gleich, während er im Lauf der Nacht seine Bahn über den Himmel verfolgt.

Nun legen wir noch einen Startpunkt für die »himmlische Länge« fest, von dem aus wir die Rektaszension zählen können. Im System der Erde entspricht dies dem Ort Greenwich bei London, dessen Lage den Längengrad null definiert. Am Himmel ist es der **Widder-** oder **Frühlingspunkt**, einer der Schnittpunkte des Himmelsäquators mit der **Ekliptik** (der Bahnebene, in der die Planeten um die Sonne laufen). Sein erster Name stammt aus einer Zeit vor einigen tausend Jahren, als er sich noch im Sternbild Widder befand, während sein zweiter daran erinnert, dass an jenem Tag der Frühling beginnt, an dem die Sonne um zwölf Uhr mittags durch eben diesen Frühlingspunkt läuft.

Nun haben wir es fast geschafft. Nur noch zwei Dinge fehlen uns, um die Längenkoordinate angeben zu können. Zuerst benötigen wir den **Stundenwinkel des Frühlingspunkts**, auch **Sternzeit** genannt: seinen Abstand vom Meridian, also zur Südrichtung, gemessen entlang dem Himmelsäquator in Richtung Westen). Dieser nimmt natürlich zu, während sich die Erde dreht, und ist somit von der Uhrzeit und dem Ort des Beobachters abhängig.

Zusätzlich messen wir den Winkel zwischen Frühlingspunkt und unserem Stern (in Richtung Osten, entgegengesetzt dem Stundenwinkel) und bezeichnen diesen als **Rektaszension** Alpha (α). Wer bis hierhin durchgehalten hat, darf sich freuen: Rektaszension und Deklination sind endlich einmal konstante Größen, die sich nicht im Tages- oder Jahreslauf ändern. Kennt man diese Daten eines Fixsterns, so hat man alles, was man braucht, um ihn am Firmament tatsächlich zu finden. (Fast alles, siehe Kasten unten.)

Übrigens: Da Stundenwinkel und Sternzeit sich mit der Erddrehung ändern, gibt man sie üblicherweise nicht in Bogengraden, sondern in Zeiteinheiten an. Dasselbe gilt für die Rektaszension: >


MATT BENDANIEL

Die Spur der Sterne zeichnet die Koordinatenlinien der Deklination nach. Sterne hoher Deklination nahe dem Himmelsnordpol (im Zentrum der Spuren) gehen niemals unter.

So geht's: Vom Katalog zum Stern

Und was jetzt? Nehmen wir an, Sie haben Rektaszension und Deklination eines Sterns in einem Katalog nachgeschaut und wollen das Objekt tatsächlich am Himmel finden. Zunächst brauchen Sie die lokale Sternzeit für den Beobachtungszeitpunkt, die Sie in astronomischen Jahrbüchern finden oder Ihren Computer berechnen lassen können.

Aber Achtung: Sie sollten den Zeitpunkt schon etwas genauer wissen, denn in jeder Minute nimmt auch die Sternzeit um (ein wenig mehr als) eine Minute zu. Aus Rektaszension und Sternzeit errechnen Sie dann den Stundenwinkel des Sterns als Sternzeit minus Rektaszension.

Nun haben Sie Rektaszension und Stundenwinkel: Bei äquatorial gelagerten Teleskopen genügt das, um Ihr Gerät richtig auszurichten. Haben Sie hingegen eine azimutale Montierung, müssen Sie noch auf horizontale Koordinaten umrechnen – oder besser, Sie lassen das ebenfalls Ihren Computer erledigen.

Vielleicht wollen Sie auch wissen, wie hoch Ihr Objekt im Lauf der Nacht über den Horizont steigen wird, auf welcher Höhe es »kulminiert«. Alle Sterne erreichen genau dann ihren höchsten Punkt am Nachthimmel, wenn sie den Meridian von Ost nach West überqueren. Ihre Zenitdistanz ergibt sich als geografische Breite minus Deklination. Bei einem negativen Wert kulminiert der Stern nördlich des Zenits, andernfalls südlich. Möglicherweise ist Ihr Stern sogar zirkumpolar, also so nah am Polarstern, dass er nie untergeht. Das ist dann der Fall, wenn seine Deklination größer als 90 Grad minus die geografische Breite Ihres Beobachtungsorts ist.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

> 24 Stunden entsprechen 360 Grad, eine Stunde sind 15 Grad und eine Minute entspricht 15 Bogenminuten.

Die Sternzeituhr tickt allerdings etwas schneller als irdische Zeitmesser: 24 Stunden Sternzeit sind dann vergangen, wenn die Erdrotation den Frühlingspunkt wieder an dieselbe Stelle befördert hat. 24 Stunden unserer Zeit bedeuten hingegen die Zeitspanne, bis dasselbe für die Sonne der Fall ist. Da die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne aber jeden Tag ein Stück weiterrückt, verschiebt sich auch der scheinbare Ort der Sonne. So wird der Sterntag etwas kürzer als der Sonnentag: 24 Stunden Sternzeit entsprechen 23 Stunden 56 Minuten und 4 Sekunden unserer Zeit.

Doch was ein Profi ist, dem genügt all das noch immer nicht. Für spezielle Zwecke haben die Astronomen das **Ekliptikale System** eingeführt, das statt von der Ebene des Himmelsäquators von der Ekliptik ausgeht. Nützlich ist das für jene, die die Himmelsmechanik des Sonnensystems untersuchen, da die ekliptikalen Breiten der Planeten, ihr Winkelabstand von der Ekliptik, null oder zumindest sehr klein sind (mit Ausnahme des Pluto) – so lässt es sich einfacher rechnen.

Galaktische Koordinaten sind etwas für Milchstraßenspezialisten.

Betrachten Astronomen die Milchstraße, so verwenden sie galaktische Koordinaten, die sich auf die Ebene der Milchstraßenscheibe beziehen. Auch galaktische Breitenkoordinaten sind oft klein, da sich die meisten Sterne unserer Galaxis in dieser Scheibe aufhalten. Findet man in der Milchstraße indessen ein Objekt großer galaktischer Breite, liegt es entweder nahe der Erde, aber »über« oder »unter« ihr, oder außerhalb der Scheibe in dem kugelförmigen Bereich, Halo genannt, der unsere Milchstraße umgibt.

Und selbst bei galaktischen Koordinaten ist noch nicht Schluss. Für Studien der Großstruktur des Universums ist auch das System der supergalaktischen Koordinaten in Gebrauch. Häufig nämlich sammeln sich Galaxien in Ebenen an, die sich gut als Bezugsebene eignen, wie etwa die Ebene des Lokalen Superhaufens, dem auch unsere Milchstraße angehört.

Wenn Sie nun noch nicht so recht wissen, welches Koordinatensystem Sie benutzen wollen, seien Sie unbesorgt: Viele Computerprogramme rechnen die verschiedenen Koordinaten blitzschnell ineinander um. Dann können Sie nächtens wieder an Ihren Lieblingsplatz gehen und dort, ganz egal, wie das ganze komplizierte Himmelssystem um Sie herum aussehen mag, sich in die richtige Himmelsrichtung wenden, den Blick noch ein bisschen in die Höhe wandern lassen und schon haben Sie Ihr Ziel fest im Visier. <<

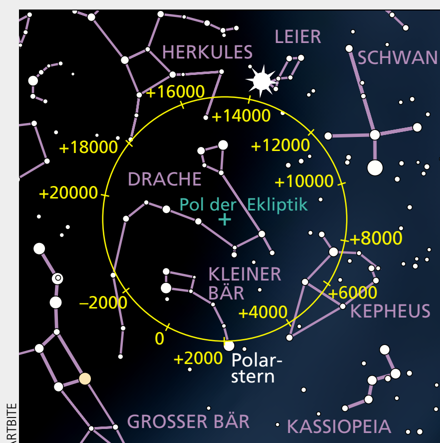
Taumelnd durchs All

Die Erde dreht sich – doch dank des Äquatorialsystems müssen Sie sich darum kaum noch kümmern. Rektaszension und Deklination beschreiben die zu allen Zeiten gültige Position eines Sterns. Wirklich zu allen?

Das ist eine knifflige Frage. Da wir uns alle mit der Erde um die Sonne bewegen, sehen wir die Sterne aus einer allmählich wechselnden Perspektive, sodass sich ihre Position am Himmel zu verändern scheint. Außerdem ist kein Stern wirklich fix, sondern verfolgt seine eigene Bahn durch die Galaxis.

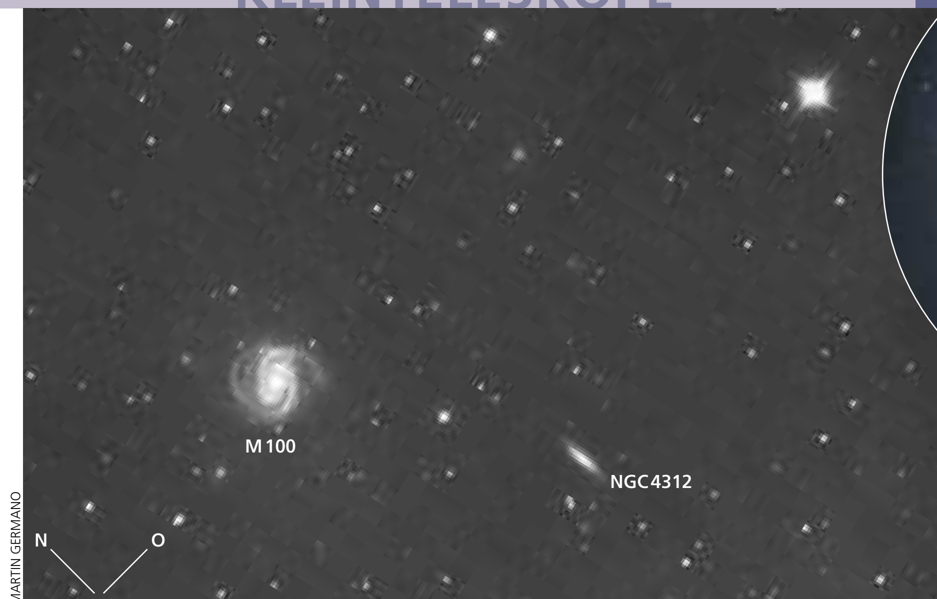
Das größte Problem aber haben wir uns mit dem äquatorialen Koordinatensystem selbst beschert, das ja fest mit der Erdachse verbunden ist. Deren Orientierung im Raum unterliegt nämlich der Präzession: Alle 25 700 Jahre wandert der Nordpol in einer Taumelbewegung einmal um den Pol der Ekliptik herum. Die Präzession verändert auch die Lage des Frühlingspunkts um etwa 50 Bogensekunden pro Jahr entlang der Ekliptik nach Westen.

Die ernüchternde Folge: Auch Rektaszension und Deklination der Sterne sind nicht unveränderlich und müssen daher stets auf einen bestimmten Zeitpunkt bezogen werden. Gegenwärtig ist diese »Epoche« der 1. Januar 2000.



Selbst der Himmelsnordpol wandert. Die Jahreszahlen entsprechen unserer Zeitrechnung.

Gerhard Mühlbauer ist freier Wissenschaftsjournalist mit Wohnsitz 49°23´40´´ N, 8°41´20´´ O.
Thilo Körkel ist ständiger Redaktionsmitarbeiter und wohnt 50°7´18´´ N, 8°39´49,5´´ O.





Schmuckstück Die Spiralarme der Galaxie M 100 sind ausgeprägt symmetrisch (oben und links). Der helle Stern im linken Bild gehört zur T-förmigen Sternfigur in der Karte unten.

Expedition durch den Virgo-Haufen

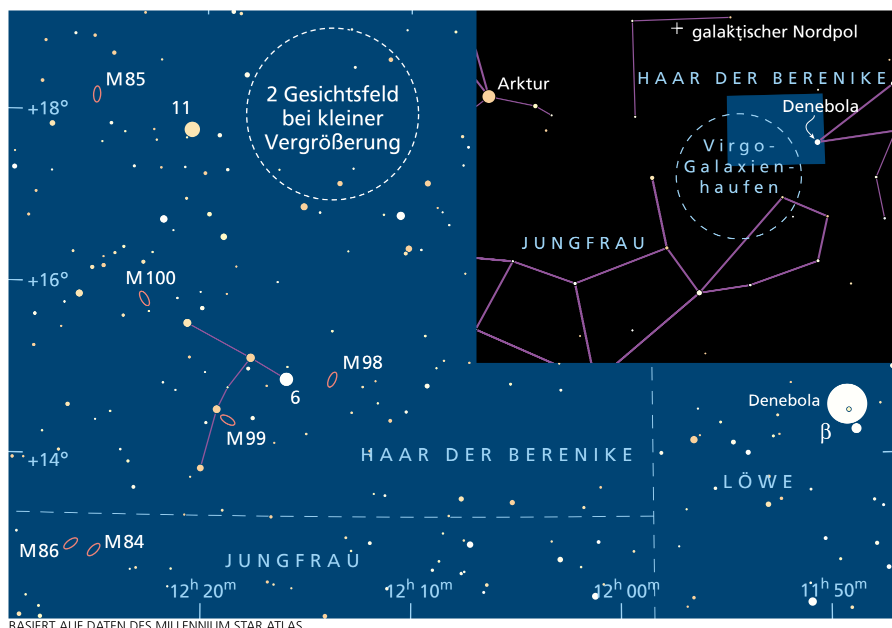
Eine vertraute Basisstation ist der beste Startpunkt für Streifzüge durch den Galaxienhaufen in der Jungfrau. >> **Sue French**

Das nebelhafte Band der Milchstraße zieht sich durch die Sternbilder, die auf unserer Sternkarte den Horizont umrahmen. Weil die galaktische Ebene und die sie verdunkelnden Staubwolken in geringer Höhe über den Himmel ziehen, blicken wir ungehindert in den Himmel und in die Tiefen des Weltalls. Den besten Blick haben wir in Richtung des nördlichen galaktischen Pols auf das Sternbild Haar der Berenike (»Coma Berenices«), in dem wir auf den größten Galaxienhaufen in unserer Nähe stoßen.

In einer Entfernung von etwa sechzig Millionen Lichtjahren verläuft der Virgo-Haufen über die Grenzen der Sternbilder Jungfrau (»Virgo«) und Haar der Berenike. Seine etwa zweitausend Mitglieder bilden den Kern des lokalen Superhaufens, in dessen Randgebieten sich auch unsere eigene lokale Gruppe befindet. Wegen seiner großen Schwerkraft könnte der Virgo-Haufen eines Tages sogar die Milchstraße und andere Mitglieder der lokalen Gruppe verschlucken.

Etwa fünfzig Galaxien des Virgo-Haufens, darunter 16 Messier-Objekte, lassen sich dank ihrer Helligkeit bereits in einem kleinen Teleskop erkennen. Für unsere Expedition in den Virgo-Haufen suchen wir uns jetzt aber erst einmal eine feste Basisstation.

Ist der Himmel dunkel genug, um den Stern 6 Comae Berenices (6 Com, 5,1te Größe) zu erkennen, sind Sie bereits auf dem richtigen Weg. Falls nicht, dann beginnen Sie mit dem hellen Stern Denebola im Schweif von Leo, dem Löwen. Suchen Sie den Himmel sechseinhalb Grad östlich von Denebola ab, um 6 Com zu finden. Er ist der hellste Stern entlang des Wegs und der westlichste in einer unverwechselbaren T-förmigen Sterngruppe mit vier anderen Sternen von 6,4ter bis 6,9ter Größe – für alle weiteren



BASIERT AUF DATEN DES MILLENNIUM STAR ATLAS

Der mächtige Virgo-Galaxienhaufen bedeckt am Himmel mehr als zehn Grad. Ein guter Startpunkt für Erkundungen ist die T-förmige Sternfigur nicht weit östlich von Denebola, dem Schweif des Löwen.





Fast genau von der Seite sehen wir M 98 (links). M 99 bildet mit zwei Sternen 6ter und 9ter Größe ein Dreieck am Himmel (rechts).

Expeditionen wird sie unser Ausgangspunkt sein.

Im Sucher werden Sie leicht das vollständige T erkennen. Die Gruppe passt auch in das Gesichtsfeld Ihres Teleskops, wenn Sie ein Okular von mindestens zwei Grad echtem Gesichtsfeld besitzen. Beginnen Sie bei 6 Com, um von dort aus die Galaxie M 98 zu finden. Diese Spiralgalaxie, auf die wir von der Seite blicken, liegt ein halbes Grad westlich von 6 Com – bei Vergrößerungen unterhalb von etwa 70fach dürfte sie noch im gleichen Gesichtsfeld zu liegen kommen.

Reicht das kleine Teleskop?

Trotz der geringen Oberflächenhelligkeit von M 98 ist die Galaxie mit einem 60-Millimeter-Teleskop bei dunklem Himmel ohne weiteres sichtbar. Durch ein 105-Millimeter-Teleskop bei etwa 100facher Vergrößerung gesehen, erstreckt sich die Sterneninsel über rund sechs mal zwei Bogenminuten von Nordnordwest nach Südsüdost. Sie enthält eine hellere ausgedehnte und fleckige Verdickung (den »bulge«) und einen fast punktförmigen Kern. Weniger erfahrene Beobachter benötigen vermutlich ein größeres Teleskop, um die bogenförmigen Spiralarme zu erkennen, die M 98 ihr besonderes Aussehen verleihen.

Unsere beiden nächsten Ziele sind etwas einfacher zu entdecken. Wir starten von dem 6,5 Größenklassen hellen Stern in der Mitte des senkrechten Balkens unseres Ts. Die in der Draufsicht zu sehende Spiralgalaxie M 99 liegt nur zehn Bogenminuten südwestlich davon. Ein 105-Millimeter-Teleskop zeigt bei etwa 100facher Vergrößerung einen drei mal zwei Bogenminuten großen, ovalen Kern, der zum Zentrum hin heller wird und von einem schwachen, ovalen Halo umgeben ist. Die Ausdehnung des Kerns verläuft von Ost nach West, wogegen die des Halo von Nordost nach Südwest verläuft. Ein 150-Millimeter-Teleskop lässt bereits die Spiralform erahnen. Die Spiralstruktur von M 99 ist übrigens asymmetrisch, der Grund dafür dürften die Gezeitenkräfte von anderen Mitgliedern des Virgo-Haufens sein.

Um die nächste Galaxie zu orten, beginnen wir mit dem Stern 6,5ter Größe an der östlichen Seite des Querbalkens unseres Ts. Nur 35 Bogenminuten in ostnordöstlicher Richtung entfernt finden Sie die Galaxie M 100, zu sehen in der Draufsicht. In einem 105-Millimeter-Teleskop bei etwa 100facher Vergrößerung erscheint diese Galaxie leicht oval, hat eine Ausdehnung von rund vier mal drei Bogenminuten und ist leicht von Ostsüdost nach Westsüdwest gekippt. Ihr einheitlicher Halo hat einen kleinen, runden und etwas helleren kompakten Kern.

M 100: Spirale mit »grand design«

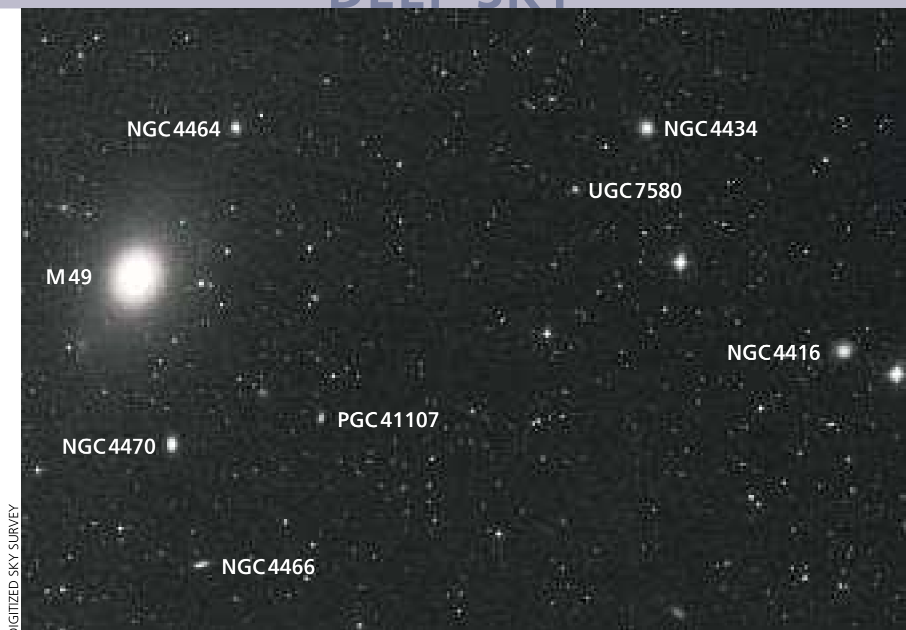
Schon mit einem 150-Millimeter-Teleskop kann man innerhalb des Halo etwas hellere Flecken erkennen, die Spiralarme der Galaxie. Astronomen bezeichnen die wundervolle Struktur von M 100, wie sie auf Fotografien erscheint, als »grand design spiral« (eine Spirale also, die zwei Hauptarme hat).

Sobald Sie mit dem T aus Sternen und den Galaxien M 98, M 99 und M 100 vertraut sind, können Sie sich mit einem guten Sternatlas auf weitere Zwischenstopps bei fremden Himmelskörpern vorbereiten. Schwenken Sie etwa von M 100 aus in östlicher Richtung 45 Bogenminuten bis zu einem Stern 6,7ter Größe. Von dort aus sind es 2,3 Grad nach Norden bis zu M 85 oder 2,9 Grad nach Süden bis zu M 86. Letztere liegt direkt neben M 84 – dieses Galaxienpaar kennzeichnet das Ende eines markanten Galaxienbogens, der unter dem Namen Markarian-Kette bekannt ist. Gehen Sie einfach Schritt für Schritt vor, dann werden die helleren Galaxien des Virgo-Haufens schon bald vertrautes Terrain für Sie sein. <<

Leicht zu entdecken: sehenswerte Sterninseln im Virgo-Galaxienhaufen

Galaxie	Typ	Größe	Ausdehnung	Rekt. (2000.0)	Dekl.	Sternbild
M 84	ellipt. Galaxie	9,3	5′ × 4′	$12^h 25,1^m$	+12° 53′	Jungfrau
M 86	ellipt. Galaxie	9,2	7′ × 6′	$12^h 26,2^m$	+12° 57′	Jungfrau
M 99	Spiralgalaxie	9,8	5′	$12^h 18,8^m$	+14° 25′	Haar der Berenike
M 98	Spiralgalaxie	10,1	9′ × 3′	$12^h 13,8^m$	+14° 54′	Haar der Berenike
M 100	Spiralgalaxie	9,4	7′ × 6′	$12^h 22,9^m$	+15° 49′	Haar der Berenike
M 85	ellipt. Galaxie	9,2	7′ × 5′	$12^h 25,4^m$	+18° 11′	Haar der Berenike

Kosmische Sehenswürdigkeiten erkundet **Sue French** vom amerikanischen Bundesstaat New York aus.



Los geht es bei M 49 Von diesem Messierobjekt aus hangelte sich der Autor entlang des »Doppelgängers«, einer Galaxienkette nahe der Markarian-Kette. Bei allen Karten auf dieser Doppelseite ist Norden oben. Ihr Bildausschnitt ist ein Grad groß, nur das Bild rechts oben zeigt ein halbes Grad. Außer NGC 4492 sind alle im Text erwähnten Galaxien dargestellt.

Der Doppelgänger

Ein zufälliger Fund in einem Sternatlas führte unseren Autor auf die Spur einer reizvollen Galaxienkette im dicht bevölkerten Virgo-Galaxienhaufen. **>> Alan Whitman**

Sternatlanten sind für einen Beobachter wie mich eine reiche Quelle der Inspiration und ich sammle sie mit großer Begeisterung. Die meisten bedeutenden Werke, die im letzten halben Jahrhundert veröffentlicht wurden, finden sich in meinem Bücherregal, von den frühen Ausgaben des Norton's Star Atlas bis hin zum Millennium Star Atlas. Und jüngst ergatterte ich bei einer Beobachtungsreise nach Australien auch ein Exemplar des Herald-Bobroff Astro Atlas.

Mein Interesse an dem Mitte der 1990er Jahre von den australischen Beobachtern David Herald und Peter Bobroff veröffentlichten Werk war von dessen berühmten großflächigen Karten der Magellanschen Wolken geweckt worden. Dann aber stieß ich darin auf vier detaillierte Karten des Virgo-Galaxienhaufens. Sie zeigten Sterne bis 13te Größe und Galaxien bis 15te Größe und erinnerten mich daran, dass ich in jüngster Zeit kaum Gelegenheit zu Wanderungen durch die galaktischen Reiche gehabt hatte.

Schon ein erster Blick zeigte mir, dass die Markarian-Kette einen etwas schwächer leuchtenden Doppelgänger besitzt. Dieser Galaxienbogen, der seinen Ursprung bei M 49 hat, ist ein wenig kürzer, bietet Amateurteleskopen jedoch fast ebenso viele Ziele wie das Original.

Wenige Tage später ging es los: Mit einem Vierzig-Zentimeter-Newton-Reflektor auf einer Deutschen Montierung begab ich mich auf die Jagd. Alle Galaxien, über die ich im Folgenden berichten werde, sind – sofern nicht anders vermerkt – Spiralgalaxien. Begleiten Sie mich auf meinem Trip?

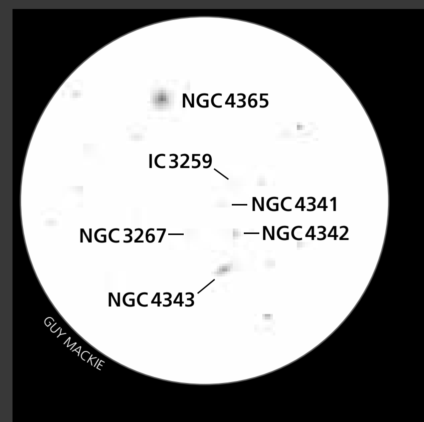
Lauernde Galaxien

Mein Startpunkt war M 49: Von hier aus können wir entlang der Kette zur nächsten Galaxie hüpfen, NGC 4466, die 18 Bogenminuten südlich liegt. Sie erscheint bei 96facher Vergrößerung als schwach leuchtendes länglich verschmiertes Objekt 14,4ter Größe. Auf halber Strecke zwischen ihr und M 49 finden wir NGC 4470, die wesentlich auffälliger ist als NGC 4466 und ihre längere Achse in Nordsüdrichtung hat. PGC 41107 (14,9te Größe) erscheint gerade einmal als Fleck und lauert zehn Bogenminuten westlich von NGC 4470.

Allerdings entdeckte ich sie erst durch indirektes Sehen (dabei blickt man etwas am Objekt vorbei, damit dessen Licht auf empfindlichere Bereiche der Netzhaut fällt), und auch dann nur, wenn sich das Feld im Okular bewegte (dieses »Field Sweeping« ergänzt das indirekte Sehen und nutzt die besseren Sehfähigkeiten des Auges bei bewegten gegenüber still stehenden Objekten aus).

Nur elf Bogenminuten nordnordwestlich von M 49 liegt NGC 4464 – hell, aber klitzeklein –, die bei 140facher Vergrößerung wie ein verschwommener Stern mit winzigem Kern aussieht. 26 Bogenminuten westlich dieser Galaxie trifft der Wanderer auf die elliptische Galaxie NGC 4434. Bei 203facher Vergrößerung erkennt er einen hellen Kern in einem schwächeren »Bulge« (der zentralen Verdickung einer Galaxie), und ein sehr

»Gang of Five« Der Kanadier Guy Mackie machte diese Skizze einer Fünfergruppe (unten, rechts das »Original«), die das südwestliche Ende der von unserem Autor besuchten Galaxienkette markiert.

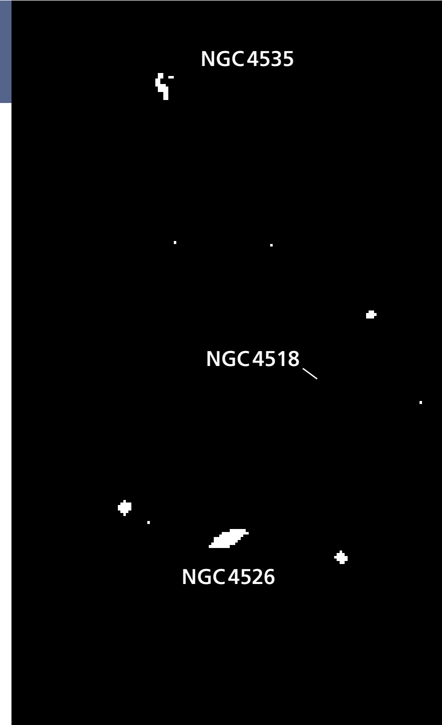


schwacher Halo verliert sich ohne erkennbare Grenzen im schwarzen Himmelshintergrund. Etwa sechs Bogenminuten südöstlich von NGC 4434, jenseits eines Sterns 12. Größe, zeigt sich die linsenförmige Galaxie UGC 7580 (14,3te Größe) als kleiner trüber Fleck. Südwestlich von NGC 4434 liegt die Balkenspiralgalaxie NGC 4416, auf deren Scheibe wir senkrecht blicken.

Die zweitgrößte Lücke meiner Galaxienkette liegt zwischen NGC 4416 und IC 3322. Letztere liegt 25 Bogenminuten in südsüdwestlicher Richtung. Doch ganz schwarz ist es dort nicht: Eine leicht zu verfolgende Kette von Sternen, die mit zwei Sonnen 8. Größe nahe NGC 4416 beginnt, füllt die Leerstelle. IC 3322 (14,1te Größe) ist ein länglicher Fleck unmittelbar östlich des vierten Sterns in der Kette.

Folgen wir dieser in westsüdwestlicher Richtung, kommt zunächst ein einfacheres Ziel, NGC 4370, und anschließend eine weitere Riesenellipse ins Blickfeld, NGC 4365 (10,4te Größe) mit einem hellen Zentrum, das einen dominanten Kern beherbergt. Begleitet wird sie von einem Schwarm schwach leuchtender Gefährten. Am nächsten liegt die elliptische NGC 4366 14,7ter Größe. Bei 94facher Vergrößerung ist sie allerdings nur mit Schwierigkeiten zu sehen, auch hier war Field Sweeping angesagt.

Eine »Fünfer-Gang«, wie sie in der Skizze (unten links) von Guy Mackie zu sehen ist, vervollständigt die Galaxienkette. IC 3259 ist ein sehr blasser Fleck und eine große Herausforderung für den Beobachter. Die linsenförmige NGC 4341, auch als IC 3260 bekannt, ist klein und rund bei 96facher Vergrößerung, erscheint bei 203facher Vergrößerung aber länglich mit einem helleren Zentrum. NGC 4342, die manche auch für IC 3256 halten, ist eine weitere Linsengalaxie und besteht vor allem aus einem Bulge und einem sternartigen Kern. NGC 4343 mit ihrem helleren Zentrum war wieder relativ leicht zu entdecken. Die größte der fünf Galaxien ist IC 3267, allerdings ein sehr schwaches und formloses Objekt.



Die Verlorene Galaxie **Irdische Beobachter sehen direkt auf die Scheibe von NGC 4535. Ein Tipp: Wer sich an ihr versuchen will, sollte mit niedrigen Vergrößerungen arbeiten.**

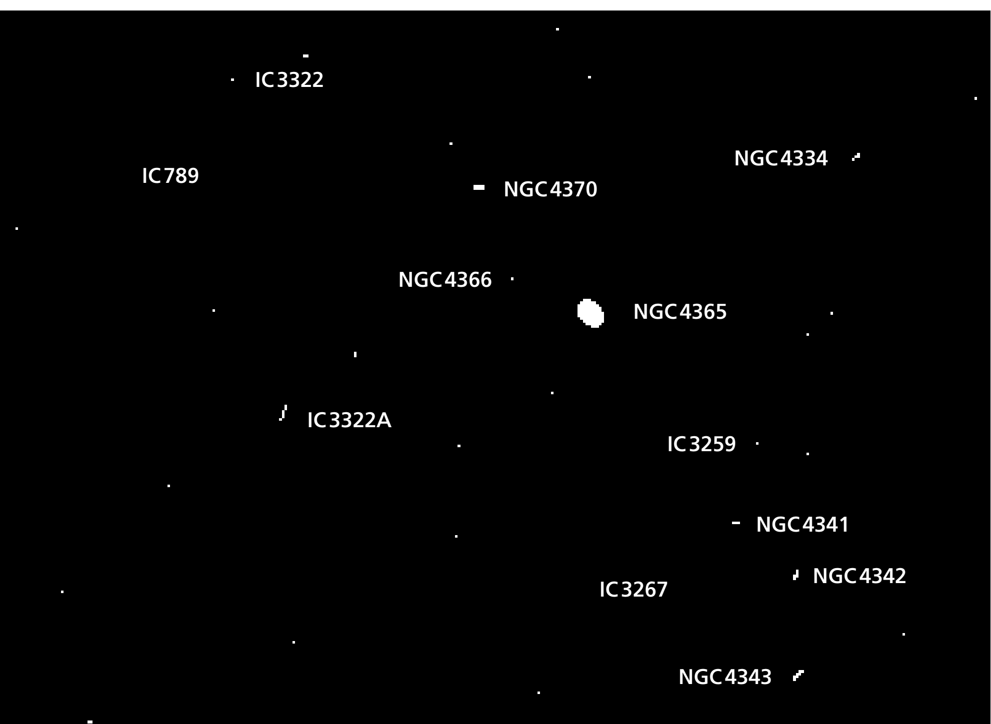
An der Leistungsgrenze des Teleskops

Als ich die Galaxienkette mit meinem Achtzöller verfolgte, fand ich zwölf der insgesamt 19 Objekte. Jene, die ich nicht zu sehen bekam, waren 14,1ter Größe (IC 3322) oder schwächer. IC 3259 (14,2te Größe) lag als einziges Mitglied der Fünfer-Gang jenseits der Reichweite meines Achtzöllers. NGC 4341 und IC 3267 (beide 14,1te Größe) sah ich bei 153facher Vergrößerung, doch damit war ich an die Grenze meines Instruments gelangt.

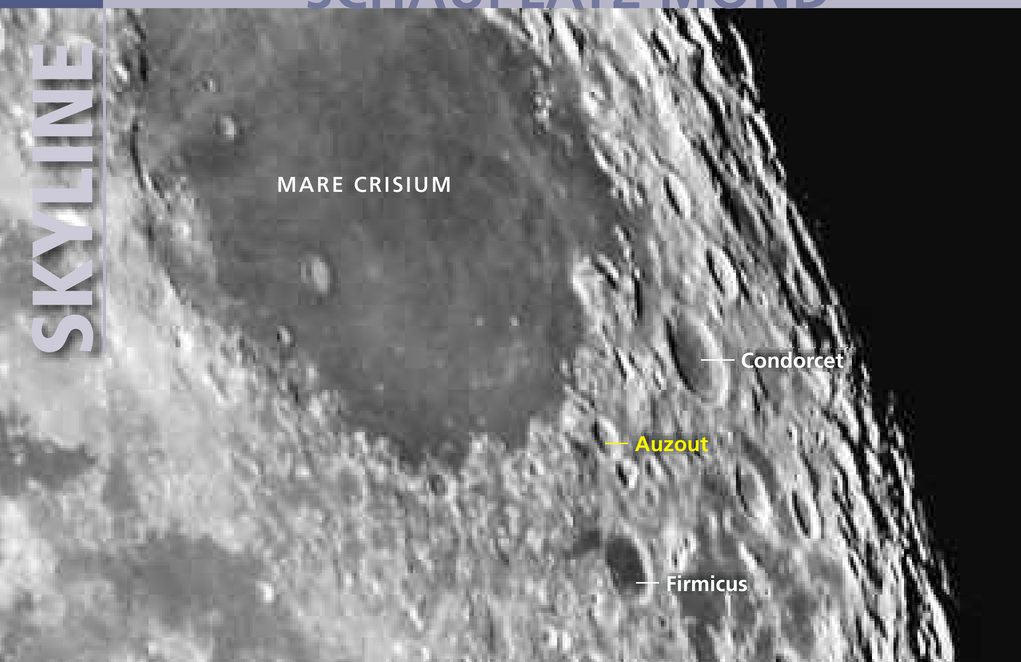
Schließlich verließ ich den Doppelgänger und zielte mit meinem Teleskop auf einen Punkt 18 Bogenminuten ostnordöstlich von M 49. Dort entdeckte ich NGC 4492 bei 64facher Vergrößerung – allerdings nur mit Hilfe des Field Sweeping, denn ein Paar naher Sterne 12. Größe überstrahlt sie. Im Osten von M 49 stieß ich dann auch noch auf ein Paar recht bekannter Galaxien 10. Größe, NGC 4526 und 4535. Erstere, die man leicht auf halber Strecke zwischen zwei Sternen 7. Größe findet, ist hell und linsenförmig. Ihr Halo ist sehr lang gezogen und der Bulge sticht stark hervor.

Meinen vorletzten Besuch stattete ich der »Verlorenen Galaxie« NGC 4535 ab (ihren Namen erhielt sie vom Autor und Deep-Sky-Beobachter Leland S. Copeland). Sechs Bogenminuten groß wird sie von zwei Sternen flankiert. Im Achtzöller ist sie bei 64facher Vergrößerung zu sehen, beginnt aber schon bei 153facher Vergrößerung zu verschwinden.

Als ich dann weiter zu NGC 4518 hüpfte, vergaß ich, dass sie nur 14,5te Größe hatte und mit meinem Achtzöller eigentlich unmöglich zu sehen war. Die Einträge in meinem Beobachtungsbuch erzählen noch heute die Geschichte meiner vermeintlichen Entdeckung: »vermutet mit Field Sweeping bei 153fach«, dann »stark vermutet« und schließlich »gesehen«. Wie ist das möglich? Einige Tage später zeigten meine Recherchen, dass die Galaxie PGC 41666 15ter Größe mit NGC 4518 überlappt – beide waren also gemeinsam in meinem Teleskop erschienen, ohne dass ich es bemerkt habe! <<



Alan Whitman ist regelmäßig beim Messier-Marathon zu sehen (was das ist, erklärt www.deepskybeobachtung.de/messmara.htm oder auch www.seds.org/messier/xtra/marathon/marathon.html).



UNIVERSITY OF ARIZONA LUNAR AND PLANETARY LABORATORY



So finden Sie den Krater Auzout

FOTO: GARY SERONIK

Auzout wird zwei Tage nach Neumond und nach Vollmond vom Terminator überstrichen. Die Sichtbedingungen bei einer zwei Tage alten Mondsichel sind jedoch nie sehr gut. Günstige Beobachtungstage: 6./7. sowie 23.4.2004

Kleiner Krater – große Ideen

Ein Exkurs über die Vermutungen des Monsieur Auzout

>> Charles A. Wood

Am Südufer des »Mondmeeres« Mare Crisium, zwischen dem dunklen Mareboden und dem ebenfalls mit dunkler Lava bedeckten Boden des Kraters Firmicus, versteckt sich der kleine unscheinbare Krater Auzout. Er besitzt einen Durchmesser von 33 Kilometern und ist 3,5 Kilometer tief.

Sein Zentralberg liegt nicht ganz in der Mitte des Kraters. Auch umgibt Auzout ein scharfer ausgeprägter Rand. An einer Stelle kann man sehen, wie Material vom Kraterrand heruntergerutscht ist. Obwohl der Krater noch sehr jung aussieht, deutet das Fehlen eines hellen Strahlensystems doch auf eine Entstehung vor der »Kopernikanischen Periode« hin, das heißt, dass er mindestens 1,1 Milliarden Jahre alt ist.

Auzout wurde nach dem französischen Wissenschaftler Adrien Auzout benannt, der im 17. Jahrhundert lebte. Doch wer war dieser Auzout? Er stammte aus einer adligen Familie, wurde 1622 in Rouen geboren, lebte und arbeitete in Frankreich und Italien, wo er 1691 starb. Auzout wurde als Erfinder des Fadenmikrometers bekannt, mit dem man sehr präzise Messungen des Durchmessers von Planetenscheibchen oder des Abstands von Doppelsternen machen kann. Kürzlich fiel mir eine seiner frühen Publikationen in die Hände, in der er sich Gedanken über die Natur des Monds machte. Tatsächlich stammen von ihm als Erstem einige wichtige Erkenntnisse über den Mond.

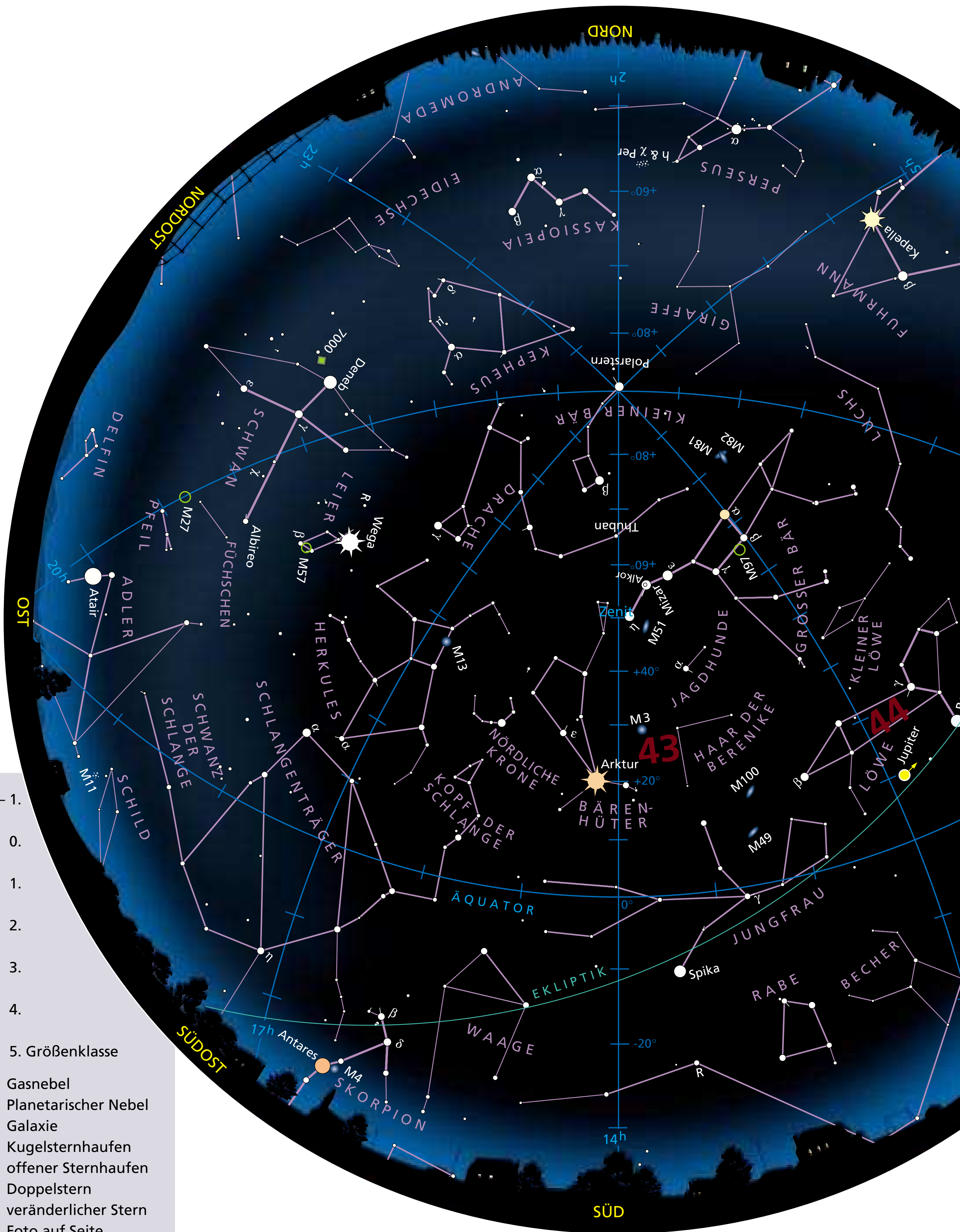
Mondbewohner

In jener Zeit begann man den Mond und die Planeten erstmals als eigenständige Welten zu betrachten und man nahm an, dass sie bewohnt wären. Auzouts Artikel in der allerersten Ausgabe der »Philosophical Transactions of the Royal Society of London (1665–1666)« mit dem Titel »Monsieur Auzout's Speculations of the Changes, likely to be discovered in the Earth and Moon, by their respective Inhabitants« handelte von den Veränderungen, die die von ihm angenommenen Mondbewohner auf der Erde sehen könnten.

Er beschreibt darin den täglichen Wandel der Wolken, die jahreszeitlichen Wechsel in der Farbe, speziell das Weißwerden im Winter und das Grünen der Pflanzen im Sommer, sowie länger anhaltende Veränderungen durch das Roden der Wälder und Trockenlegen der Sümpfe. Er weist auch darauf hin, dass Waldbrände, Stadtbeleuchtung und Vulkanausbrüche den Mondbewohnern besonders auf der Nachtseite der Erde auffallen müssten. Andererseits konnten irdischen Beobachtern keine dieser Veränderungen auf dem Mond entdecken. Auzout schloss daraus, dass es auf unserem Trabanten entweder keine Vulkane gibt oder dass sie zurzeit inaktiv sind. Ebenso glaubte er, dass es auf dem Mond keine Meere gibt. Falls doch, so müssten sie sich auf dessen Rückseite befinden. Diese richtigen Schlussfolgerungen Auzouts wurden allerdings von Generationen von Wissenschaftlern ignoriert, die noch bis in die 1960er Jahre hinein die Ansicht vertraten, dass es auf dem Erdtrabanten Wasser, Eis, Atmosphäre, Vegetation und aktive Vulkane gäbe.

Obwohl Auzout weder Wasser noch Luft auf dem Mond vermutete, nahm er doch wie viele andere Wissenschaftler seiner Zeit an, dass es dort Bewohner gibt. Er plante sogar den Bau eines dreihundert Meter langen Teleskops, um nach ihnen zu suchen. Da Auzout dem damals weit verbreiteten Irrglauben unterlag, dass Leben im Sonnensystem häufig sei, ist es nur angemessen, wenn nur ein kleiner unscheinbarer Krater in einer abgelegenen Mondregion nach ihm benannt wurde. Vielleicht wird er dort eines Tages von einer Menge Wissenschaftlern des 20. Jahrhunderts umgeben sein, deren Ideen sich als ebenso widersinnig herausstellten. <<

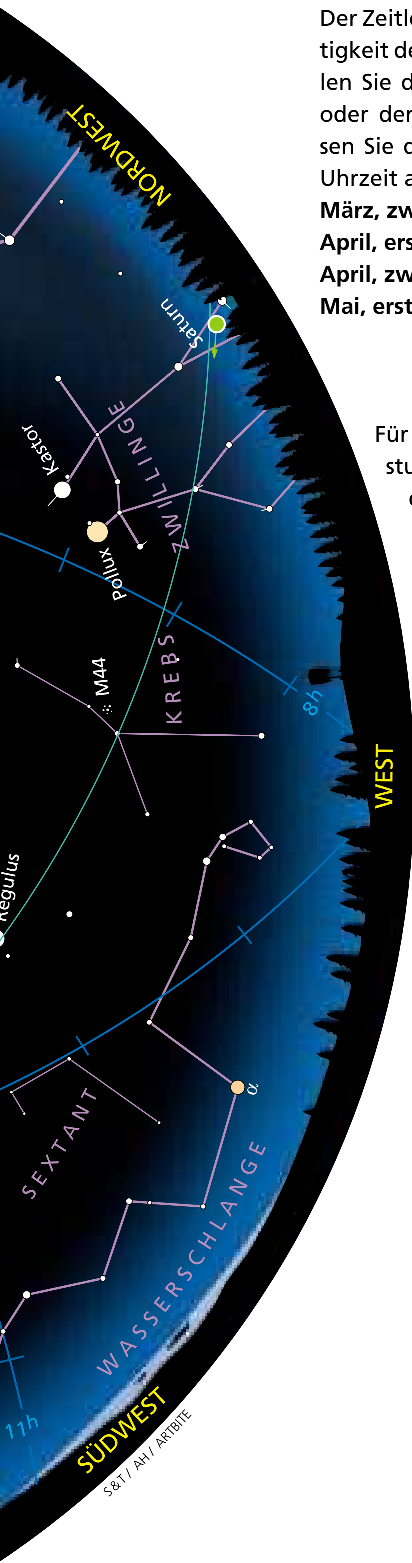
Charles A. Wood ist enthusiastischer Mondforscher und Planetenwissenschaftler.



- 1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse
Gasnebel
Planetarischer Nebel
Galaxie
Kugelsternhaufen
offener Sternhaufen
Doppelstern
veränderlicher Stern
43 Foto auf Seite ...

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	
KW 4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
7*	5*	3*	2°	0°	22°	20°	18°	16°	14°	11*	9*	

AH / SIGANIM



WANN

Der Zeitleiste (oben) können Sie die Gültigkeit der Sternkarte entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

März, zweite Hälfte: **2 Uhr***
April, erste Hälfte: **2 Uhr°**
April, zweite Hälfte: **1 Uhr°**
Mai, erste Hälfte: **Mitternacht°**

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ)
°Sommerzeit (MESZ, ab 28.3.)

Für Beobachtungen in den Abendstunden können Sie die Karte aus dem vorigen Heft heranziehen.

WIE

Auf der Sternkarte sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den links und oben angegebenen Zeiten präsentiert. Zur Orientierung halten Sie die Karte über sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden oder auf Sie zu zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont. Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich direkt über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Genau im Zenit finden Sie den letzten Stern in der Deichsel des »Großen Wagens« des Sternbilds Großer Bär (»Ursa Maior«). Folgen Sie der Deichsel des Wagens in einer gedachten Kurve, stoßen Sie auf den hellen Arktur, den Hauptstern des Bärenhüters (»Bootes«). Arktur läuft zu diesen nächtlichen Stunden durch den Meridian, also die »Südlinie«. Er bildet mit den ebenfalls hellen Spika in der Jungfrau (»Virgo«) und Regulus im Löwen (»Leo«) das Frühlingsdreieck. Hier unterlief uns im letzten Heft eine Verwechslung mit dem Sommerdreieck aus Deneb, Atair und Wega, das gerade am Osthorizont aufgeht!

Die Karte gilt für 50 Grad nördliche Breite, das entspricht der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

FELDSTECHERTIPP

Der Kugelsternhaufen M 3

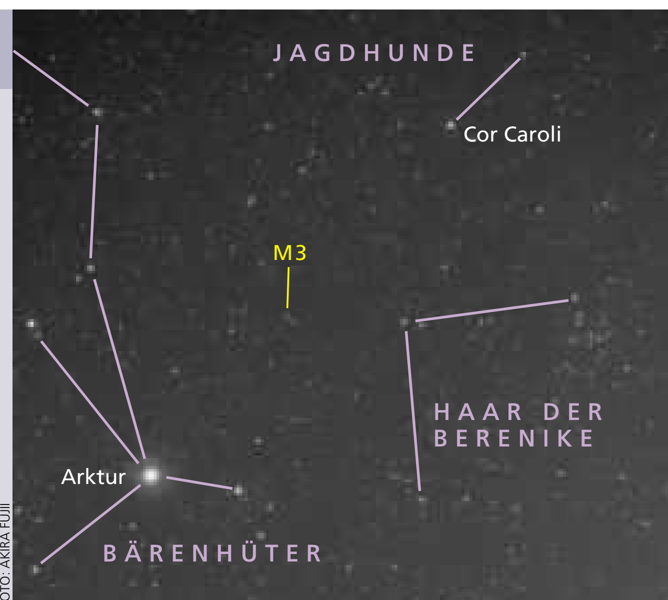


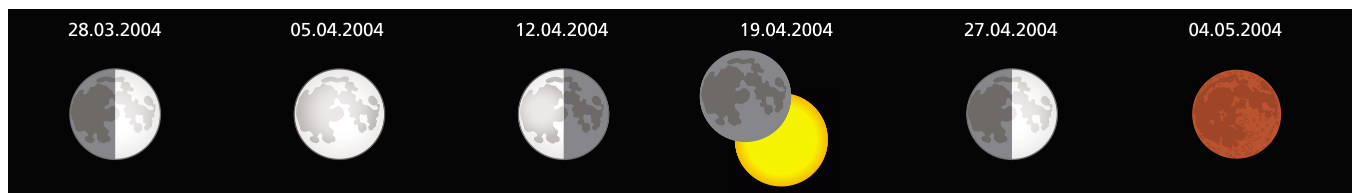
FOTO: AKIRA FUJII

Für mich geht der Frühling zu Ende, wenn die Galaxienfelder im Löwen, der Jungfrau und dem Haar der Berenike im Süden den hellen Kugelsternhaufen Platz machen, die ich mit dem Sommer in Verbindung bringe.

Der erste von ihnen ist M3, die Vorhut sozusagen, er steht bereits im April und im Mai hoch am Mitternachtshimmel, ist damit gut zu beobachten und zudem recht leicht zu finden: auf nicht ganz halber Strecke zwischen dem gleißend hellen Arktur im Bärenhüter (»Bootes«) und Cor Caroli (Alpha Canum Venaticorum), dem Hauptstern der Jagdhunde (»Canes Venatici«). Dieses kleine, unscheinbare Sternbild liegt unterhalb der Deichsel des Großen Wagens, deren Verlängerung auf Arktur zeigt.

Rund ein Vollmonddurchmesser, also ein halbes Grad südwestlich von M3, liegt ein etwa gleich heller Stern, beide haben rund 6. Größe. Wenn Sie den Stern in ihrem Fernglas scharf stellen, sehen Sie daneben den Haufen erkennbar verschmiert. Dies wird um so deutlicher, je höher die Vergrößerung Ihres Feldstechers ist. Dann werden Sie gewahr, dass M3 einer der größten und reichsten Kugelsternhaufen der Milchstraße ist.

>> Gary Seronik



Der Löwe und der Bär

Zwei helle Sternformationen dominieren den Sternhimmel nach Sonnenuntergang: die Sichel und der Große Wagen.

>> Fred Schaaf

Auf unserer mitternächtlichen Übersichtskarte auf S. 42 gehen bereits die letzten der glänzenden Wintersternbilder unter. Dagegen sind die zwei hellsten Sterne des Frühlings, Arktur (Alpha Bootis, α Boo) im Bärenhüter (»Bootes«) und Spika (Alpha Virginis, α Vir) in der Jungfrau (»Virgo«), im Süden weit den Himmel hinauf geklettert. Zu dem Zeitpunkt, für den die Karte gilt, ist Spika bereits eine halbe Stunde zuvor durch den Meridian gegangen, Arktur hat den Transit noch rund zehn Minuten vor sich.

In Richtung der Wintersternbilder Zwillinge und Fuhrmann am Nordwesthorizont liegen zwei Sternbilder, die wir auf keinen Fall übergehen sollten. Zum einen der Löwe (»Leo«) – er hat sich auf halber Höhe im Westsüdwesten breit gemacht. Das Vorderteil des Löwen, also die rechte, westliche Hälfte, bilden Sterne, deren Anordnung wie ein gespiegeltes Fragezeichen aussieht. Dieses Muster ist auch als »Sichel« bekannt. Beim Löwen markiert sie den Kopf, die Mähne, seine Brust und seinen Vorderlauf. Der Stern am Fußende ist der hellste Stern des Löwen, Regulus (Alpha Leonis, α Leo). Der zweithellste Stern der Sichel, Algieba (Gamma Leonis, γ Leo), wird durch ein gutes Fernrohr in einen nah beieinander stehenden, gelb-orangefarbenen Doppelstern aufgelöst.

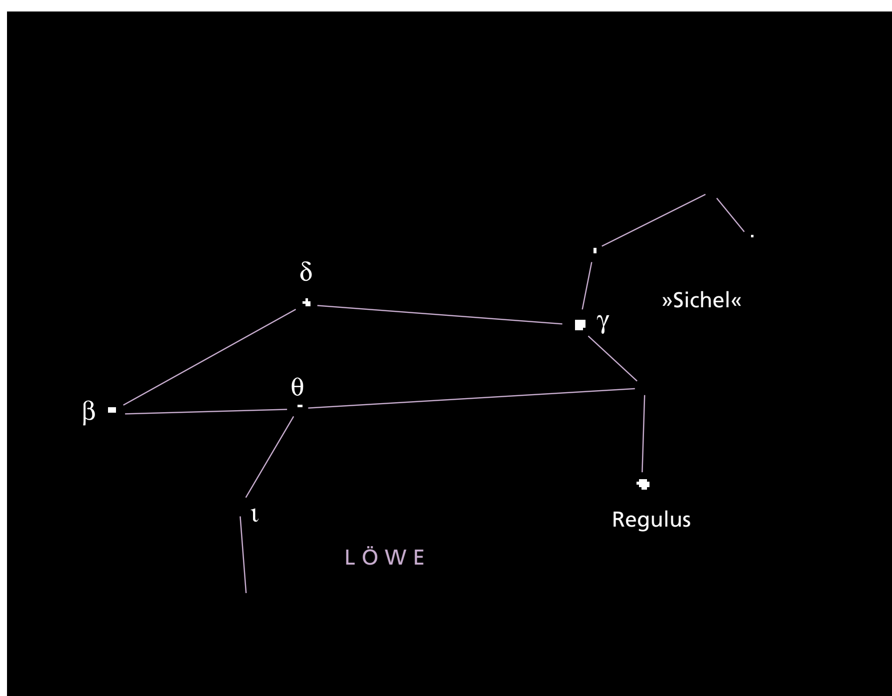


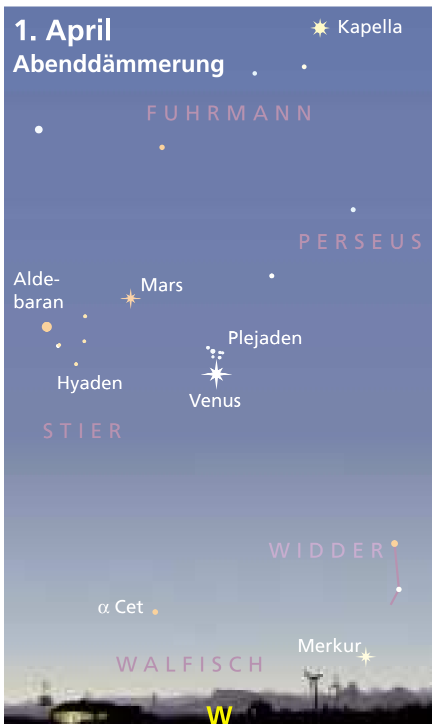
FOTO: AKIRA FUJII

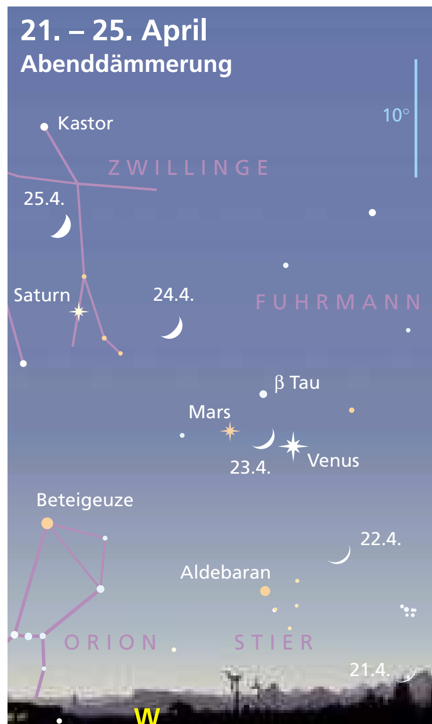
Die Brust des Löwen bildet mit den Sternen an seinem Kopf das Spiegelbild eines Fragezeichens. Besonders im englischen Sprachraum wird es gerne als Sichel (»Sickle«) bezeichnet.

Manege frei für die Raubtiere!

Der hintere Teil des Löwen ist deutlich getrennt von der Sichel. Beta, Delta und Theta Leonis (β, δ, θ Leo) bilden ein rechtwinkliges Dreieck. Es ist das östliche Ende des Sternbilds.

Hoch oben am Himmel sieht man den Großen Wagen, den hellsten Teil des Sternbilds Großer Bär (»Ursa Maior«). Er besitzt keinen Stern, der so hell ist wie Regulus, aber sechs seiner sieben Sterne sind nur wenig lichtschwächer. Mithilfe des Großen Wagens ist der Polarstern leicht ausfindig zu machen: Verlängern Sie einfach den rückwärtigen Teil des Kastens um das Fünffache nach oben (ASTRONOMIE HEUTE März/April 2003, S. 51). In der Mitte der Deichsel des Wagens findet sich der Stern Mizar, der einen kleinen Begleiter bei sich hat, Alkor (Feldstechertipp AH März 2004, S. 43). Man kann ihn allerdings nur mit sehr guten Augen bei klarem Himmel erkennen. Ansonsten hilft ein Fernglas bei der Suche. Mit einem kleinen Fernrohr entdecken Sie schon bei schwacher Vergrößerung, dass Mizar selbst auch ein Doppelstern ist.





Kein Aprilscherz ist die linke Karte des Westhimmels zu Monatsbeginn und rechts rund drei Wochen später: Venus schließt zu Mars auf!

Venus ist auch in diesem Monat der eindrucksvolle Abendstern. Als hellster Planet am Himmel blendet sie uns während der Abenddämmerung und weit in die Nacht hinein. Vom 1. bis 3. April schiebt sie sich im Sternbild Stier (»Taurus«) an den Plejaden vorbei (Bild oben links). Gegen Mitte des Monats wandert sie an Aldebaran (α Tau) und den Hyaden vorüber. In einem Fernrohr kann man sie den ganzen Monat als dünne, länger werdende Sichel beobachten.

Merkur entdecken Sie bestenfalls Anfang April während der Abenddämmerung. Er steht sehr weit rechts unterhalb von Venus, verblasst dann aber in der ersten Hälfte des Monats und läuft der Sonne entgegen.

Links oberhalb von Venus finden wir Mars. Er gleitet am 5. April an Aldebaran vorbei. Mittlerweile ist Mars so weit von der Erde entfernt, dass er lichtschwächer als der Hauptstern des Stiers ist.

Es hat den Anschein, als würde Venus versuchen, Mars zu überholen, da der Abstand zwischen den beiden von neun Grad am 1. April auf weniger als fünf Grad um den 25. schrumpft. Allerdings überholt Venus auf ihrer Innenbahn die Erde, was sie am Himmel wieder weg von Mars in Richtung Sonne führt.

Saturn befindet sich in der Abenddämmerung sehr hoch im Westsüdwesten, weit links oberhalb von Venus und Mars. Er ist zurzeit das hellste Objekt der Zwillinge (»Gemini«). Mit seinen Ringen ist er nach dem Verblassen des abendlichen Zwielichts bis weit nach Mitternacht ein prächtiges Beobachtungsziel.

Jupiter erscheint kurz nach Sonnenuntergang hoch im Südosten. Seine Helligkeit wird nur von der der Venus übertroffen. Auch er steht momentan günstig für allabendliche Beobachtungen mit einem Fernrohr.

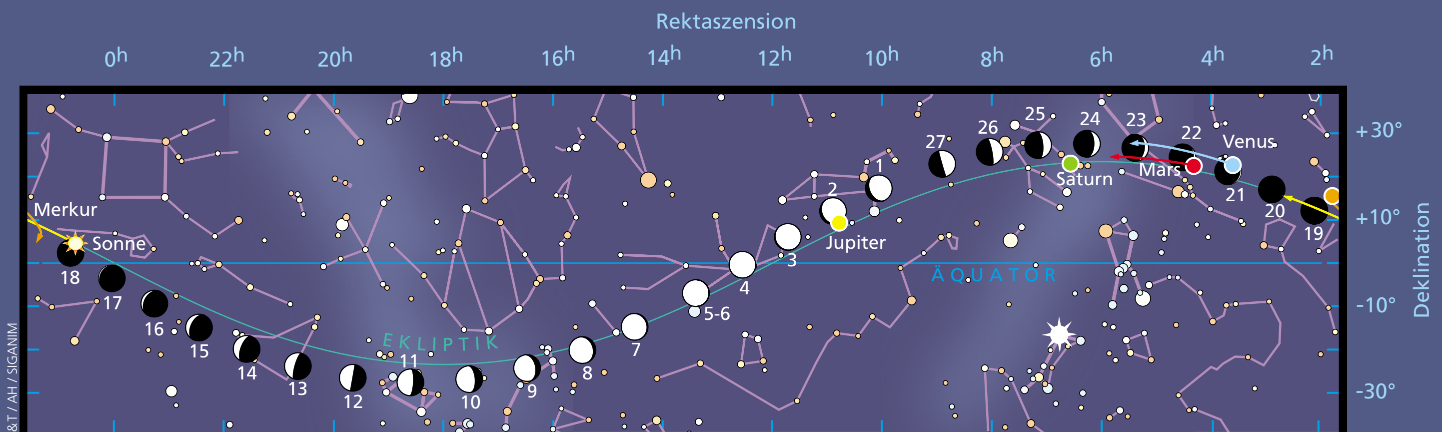
Der Mond steht am 2. April in der Nähe von Jupiter. Am 5. geht er als Vollmond bei einsetzender Dunkelheit im Osten nahe des Sterns Spika auf. Es dauert dann bis zum 21., bis wir ihn abends wieder sehen. Er geht gerade als dünne Sichel im Westen unter. Am 23. ist seine zunehmende Scheibe zwischen Venus und Mars zu finden, am 24. und 25. scheint er rechts beziehungsweise oberhalb von Saturn und am 29. wieder nahe Jupiter.

Am 19. April erlebt das südliche Afrika eine partielle Sonnenfinsternis, die am 4. Mai eine totale Mondfinsternis nach sich zieht, siehe »Highlight« auf den folgenden Seiten. <<

Fred Schaaf macht so treffsichere Vorhersagen, dass er von allen Meteorologen beneidet wird.

Das Monatspanorama zeigt Phasen und Positionen des Monds vom 1. April (»1«, im Sternbild Löwe bei etwa 10^h), bis zum 27., auf die verbleibenden Tage wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Die Pfeile kennzeichnen die Wege der Sonne und der Planeten von Monatsanfang bis -ende.

Die Sonne, der Mond und die Planeten im April 2004



Verzeichnet sind die fünf mit bloßem Auge sichtbaren Planeten. Der Mond ist auf allen Karten in Übergröße dargestellt.



R. BRODBECK/ M. PESENDORFER

Partielle und totale Phase der Mondfinsternis vom 8./9. November 2003. Auf dem linken Bild ist die Krümmung des Erdschattens klar zu sehen. Bereits in der Antike galt dieser Beobachtungsbefund als Beweis für die Kugelgestalt der Erde.

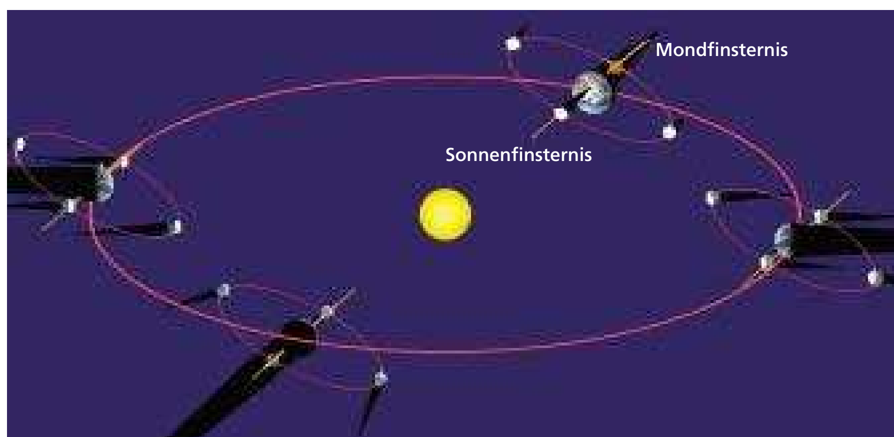
Totale Mondfinsternis

In den Abendstunden des 4. Mai 2004 taucht der Mond tief in den Erdschatten ein – eine totale Mondfinsternis ist das Ergebnis.

>> Roland Brodbeck

Für uns Mitteleuropäer findet die Mondfinsternis vom 4. Mai in den angenehmen Abendstunden statt. Die partielle Phase beginnt mit dem Mondaufgang (siehe Grafik S. 48 oben). Erste Gebiete des Trabanten tauchen dann in den Kernschatten der Erde ein. Dies lässt sich sogar mit dem bloßen Auge problemlos verfolgen. Haben Sie ein Fernglas zur Hand, so können Sie zwischen 20.48 bis 21.52 Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit (MESZ) miterleben, wie der Vollmond mehr und mehr im Erdschatten verschwindet. Achten Sie zur Mitte der partiellen Phase um 21.15 Uhr auf die Krümmung des Erdschattens auf der Mondscheibe. Um 21.52 Uhr ist schließlich der ganze Mond im Kernschatten eingetaucht – die totale Phase der Mondfinsternis beginnt. Da nun kein direktes Sonnenlicht mehr auf den Mond fällt, sollte dieser vollkommen dunkel am Himmel stehen. In Wirklichkeit schimmert er jedoch auch während der Totalität noch in einem schwachen, rötlichen Licht.

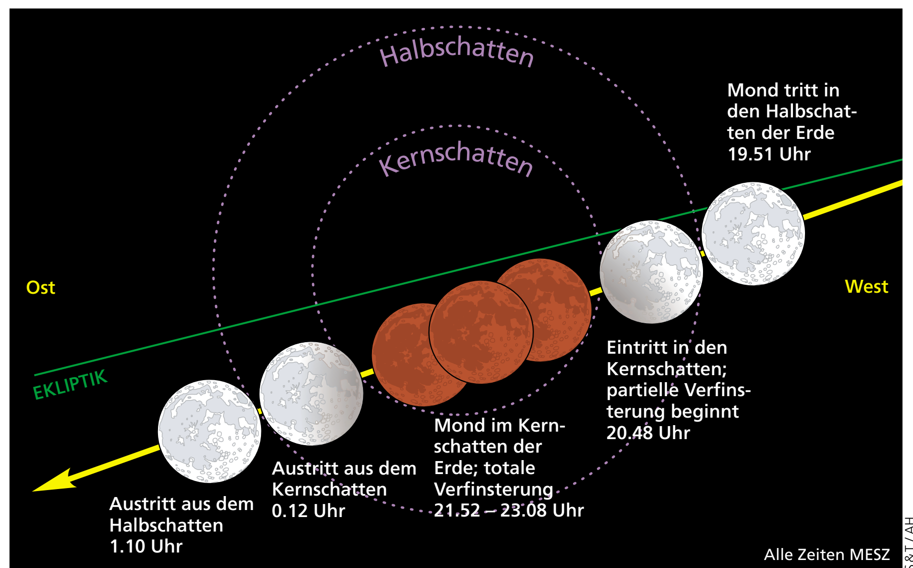
Dieser rötliche Schein ist Sonnenlicht, das streifend auf die Erdatmosphäre fällt und von dieser in den Kernschatten abgelenkt wird. Ein Astronaut auf dem



R. BRODBECK

Mond in Schräglage Zweimal pro Jahr zeigt die Knotenlinie von Erd- und Mondbahn in Richtung Sonne. Genau dann sind Finsternisse möglich. Der Erdschatten reicht bis zu 1,4 Millionen Kilometer in den Weltraum hinaus.

Mond würde es als einen die Erde umgebenden, rot leuchtenden Ring sehen. In die Mitte des Kernschattens wird weniger Licht gestreut als in dessen Randregionen. Der Helligkeitsabfall lässt sich während der Totalität auf der Mondscheibe sehr gut erkennen (siehe Bild auf S. 46 oben rechts).



Finsternisverlauf Die totale Finsternis vom 4. Mai findet idealerweise in den Abendstunden statt.

Langer Schatten

Um 23.08 Uhr tritt der Mond auf der anderen Seite wieder langsam aus dem Kernschatten aus – die zweite partielle Phase beginnt. Obwohl der Mond mit einer Geschwindigkeit von etwa einem Kilometer pro Sekunde auf seiner Bahn um die Erde läuft, dauert es bis zwölf Minuten nach Mitternacht, ehe er den Kernschatten der Erde vollständig verlassen hat. Danach muss er noch den Halbschatten der Erde durchqueren. Ein Astronaut auf dem Mond würde zu diesem Zeitpunkt eine partielle Sonnenfinsternis sehen. Beobachter auf der Erde bemerken jedoch höchstens eine schwache Verdunklung gegenüber der hell leuchtenden Vollmondscheibe.

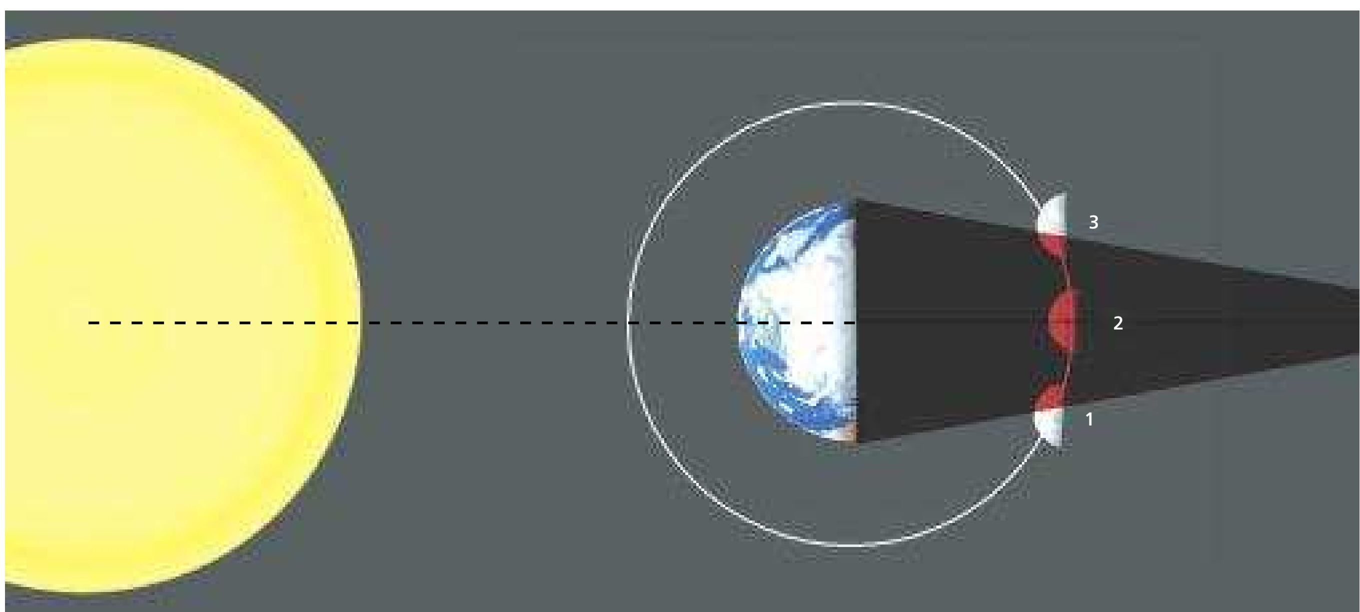
Da die Erde in guter Näherung eine Kugel ist, wirft sie einen kegelförmigen Schatten. Die Achse dieses Kegels verläuft bei der Erde entlang der Verbindungslinie Sonnenmitte – Erdmittelpunkt. Der Schatten unseres Heimatplaneten reicht bis zu 1,4 Millionen Kilometer in den Weltraum hinaus (siehe Grafik S. 46 unten). Der Mond läuft in einer mittleren Entfernung von 380000 Kilometer um die Erde. Er ist uns damit viel näher als die Spitze des Erdschattens. Zu bestimmten Zeiten taucht er daher auf seiner Bahn in den Erdschatten ein. Dies nennt man Mondfinsternis.

Falls die Erde eine Kugel ist und nicht etwa eine Scheibe, dann sollte ihr Schatten die Form eines Kreiskegels haben, unabhängig aus welcher Richtung die Sonne auf die Erde scheint. Auf dem Mond müsste der Rand des irdischen Schattens bei jeder Mondfinsternis als Kreisbogen zu sehen sein. Und tatsächlich ist dies meist auch der Fall (siehe Bild Seite 46 oben links). Bereits in der Antike diente dieser Beobachtungsbefund als Argument für die Kugelgestalt der Erde.

Als weitere Beweise galten schon damals die unterschiedliche Mittagshöhe der Sonne an verschiedenen Orten und das Sichtbarwerden neuer Sterne bei Reisen gen Süden.

Gekippte Mondbahn

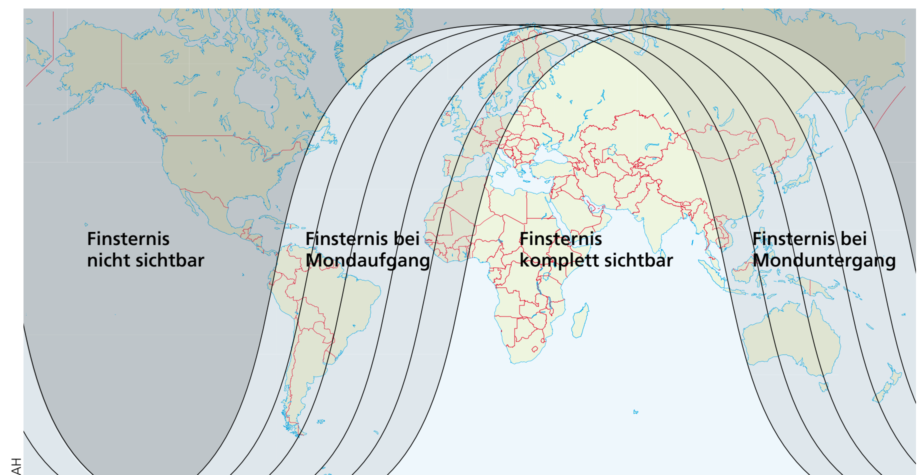
Eine Mondfinsternis entsteht – geometrisch betrachtet – wenn der Mond der Sonne am Himmel genau gegenüber steht. Dann ist Vollmond. Die Erde steht genau zwischen Sonne und Mond und sollte Letzterem die Sicht auf die Sonne >



Der Kernschatten der Erde Position während der partiellen Phase vor der Totalität (1), zur Mitte der Finsternis (2), zweite partielle Phase nach der Totalität (3)

> versperren. Jedoch längst nicht jeder Vollmond wird vom Erdschatten verfinstert.

Verständlich wird das, wenn man die Bahnen von Erde und Mond um die Sonne betrachtet: Hier scheint sich alles in zwei Dimensionen abzuspielen. Die Bahn der Erde um die Sonne ist wirklich eben. Die Bahn unseres Trabanten dagegen ist um fünf Grad zu dieser Ebene geneigt (siehe Skizze auf S. 46). Deshalb steht der Vollmond meist über oder unter dem Erdschatten und es kommt zu keiner Mondfinsternis.



In Europa ist die Mondfinsternis vom 4. Mai sofort nach Mondaufgang sichtbar.

Zwei Finsterniseereignisse pro Jahr

Zweimal pro Umlauf durchstößt der Mond auf seiner Bahn die Erdbahnebene. Die Punkte des Durchgangs heißen Mondknoten. Die Verbindung beider Punkte ergibt die so genannte Knotenlinie. Zeigt diese in Richtung Sonne, so sind Finsternisse möglich, denn dann durchkreuzt der Mond die Erdbahnebene zur Vollmond- und Neumondzeit. Der Vollmond kann den Erdschatten durchlaufen und der Schatten des Neumonds trifft die Erde (siehe Skizze auf S. 46). Da die Knotenlinie in erster Näherung unbeweglich im Raum steht, zeigt diese genau zweimal pro Jahr in Richtung Sonne. Somit kommt es zweimal jährlich zu einer Konstellation, in der Sonnen- und Mondfinsternisse möglich sind.

Fällt eine Mondfinsternis genau mit dem Zeitpunkt des Durchlaufens des Mondknotens zusammen, so wandert der Mond ganz zentral durch den Kernschatten der Erde. Wir erleben in diesem Fall eine besonders lange totale Mondfinsternis. Je weiter die Vollmondstellung und das Durchstoßen der Erdbahn zeitlich auseinander liegen, desto kürzer fällt die Totalität aus, bis nur noch eine partielle und schließlich gar keine Mondfinsternis mehr stattfindet.

Auch die Mondbahn steht nicht starr im Weltraum. Neben der Schwerkraft der Erde beeinflusst auch die Schwerkraft der Sonne und in geringerem Maß auch die der anderen Planeten den Mond. Die Bahn dreht sich deshalb langsam um die Erde. Damit bewegt sich auch die Knotenlinie und umrundet die Erde einmal in 18 Jahren. Sie dreht sich dabei entgegen dem Umlaufsinn des Monds. Deshalb finden die Finsternisse von Jahr zu Jahr durchschnittlich drei Wochen früher statt und wiederholen sich in ähnlicher Form alle 18 Jahre (Saroszyklus).

Oft sind die geometrischen Bedingungen – wie im Fall der Mondfinsternis vom 4. Mai 2004 – günstig genug (Knotenlinie zeigt in Richtung Sonne), dass beim vorhergehenden oder nachfolgenden Neumond eine Sonnenfinsternis stattfinden kann. In diesem Frühjahr reicht die Ausrichtung der Knotenlinie bei Neumond vor der Mondfinsternis aus, damit der Schatten des Monds über Teile der Südhalbkugel streift. Die Bewohner des südlichen Afrikas werden am 24. April Zeuge einer partiellen Sonnenfinsternis (siehe Kasten links). <<

Verlauf der Finsternis für Reiseziele im südlichen Afrika

	Beginn	Mitte	Max. Größe	Ende
Johannesburg	15.26	16.35	42%	17.36
Kapstadt	14.52	16.11	51%	17.22
Windhuk	15.23	16.31	33%	17.32

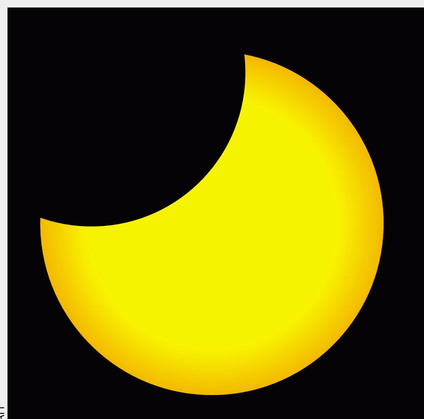
Zeitangaben in SAST (UTC + 2h)

Partielle Sonnenfinsternis in Windhuk

Am späten Nachmittag des 24. April wird das südliche Afrika vom Halbschatten des Mondes getroffen.

Die Finsternis bleibt für alle Orte partiell. Das heisst, die Sonne wird nirgends vollständig oder ringförmig vom Mond bedeckt. Diese Finsternis ist von Mitteleuropa aus nicht beobachtbar.

Einmal mehr sei vor ungeschützter Betrachtung der Sonne gewarnt. Verwenden Sie nur ausdrücklich für die Sonnenbeobachtung zugelassene Brillen oder Filter.



Partielle Sonnenfinsternis vom 24. April 2004, wie sie von Windhuk (Namibia) aus gesehen werden kann.

Roland Brodbeck arbeitet am Geographischen Institut der Universität Zürich und beschäftigt sich dort mit Fernerkundung. Nebenamtlich ist er Mitarbeiter der Urania-Sternwarte in Zürich und Dozent für Astronomie an der Volkshochschule (www.calsky.com).

Todbringend Eine Mondfinsternis war ein böses Omen für die Herrscher im alten Mesopotamien.



FÜNF MONDE: STEPHEN RUPPA

Der Ersatzmann des Königs

Babylonische Herrscher erhielten bei einer nahenden Mondfinsternis von ihren Astrologen den Rat, zeitweilig abzudanken. Ein todgeweihter Ersatzmann musste den Zorn der Götter dann stellvertretend auf sich lenken.

>> E. C. Krupp

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Könige sind wie Sterne«, sagte der englische Dichter Percy Bysshe Shelley (1792–1822), »sie erheben sich und sinken nieder, sie haben / die Anbetung der Welt, doch finden niemals Ruhe.« Shelleys himmlisches Gleichnis über den vergänglichen Besitz von Macht und das stets mit ihr verbundene Risiko lässt unsere Sternkarte (siehe S. 42/43) als Darstellung einer Episode im Reigen der Dynastienwechsel erscheinen. Dieser Schnappschuss der Geschichte zeigt uns auch, dass der Mond die Krone am 5. April tragen wird. Dann nämlich ist Vollmond, und sein heller Schein wird seine gestirnte Nachbarschaft untergehen lassen.

Im Mai jedoch wird er seine Vorherrschaft im Sternreich für einige Stunden abgeben müssen. Wenn er in der Nacht vom 4. auf den 5. Mai in den Erdschatten gleitet, verliert er von seinem Glanz: Das ist der Beginn einer totalen Mondfinsternis, die von Europa aus in den späten Abendstunden zu beobachten sein wird. Erst nach Mitternacht tritt er aus dem Schatten heraus und besteigt erneut seinen himmlischen Thron.

Schon im 21. Jahrhundert v. Chr. verband das alte Mesopotamien seine Herrscher aufs Engste mit dem Mond. Wurde der Vollmond zeitweilig verdunkelt, galt dieses Phänomen als Bedrohung des Lebens der Gebieter. In jener Epoche ordneten die königlichen Familien von Ur (auch der Geburtsort des biblischen Abraham, im heutigen Irak) Monat für Monat die Anbetung des Monds an. Eine Mondfinsternis galt ihnen als Überfall der Dämonen auf den Mondgott Nanna.

Der Mythos vom Mondgott fand seinen Niederschlag in den Beschwörungsreden, die bis heute auf Keilschrifttafeln überliefert sind: in den »utukku lemnutu«, den »Bösen Dämonen«. Sieben Dämonen dringen dabei in die unteren Himmelsregionen ein, die von der Sonne, dem Mond und dem Planeten Venus regiert werden, und trachten, sie zu zerstören.

Überlebensgroß ist König Esarhaddon auf dieser Stele dargestellt, die in Sam'al (das heutige Zincirli in der südöstlichen Türkei) gefunden wurde. Ausgestellt ist sie im Berliner Pergamon-Museum. Die Symbole der Götter rechts oben stehen für die enge Verbindung zwischen ihnen und dem König.

Die übel wollenden Geister kreisen den Mondgott ein und schwächen sein Licht. Die totale Finsternis schließlich veranlasst Enki, den Gott des lebenserhaltenden frischen und fließenden Wassers, seinen erstgeborenen Sohn Marduk zu Verhandlungen mit den Dämonen zu entsenden. Marduk ist der Oberste der Götter und erscheint als Planet Jupiter. >

> Ihm ist vorbehalten, die Würde des Königtums zu verleihen, mit Gesängen und Zauberworten ist er zudem im Stande, das Böse zu vertreiben. Auch der König selbst kommt, wie Marduk, dem Mondgott mit ritueller Magie zu Hilfe.

In der ersten Hälfte des zweiten Jahrtausends v. Chr. deutete man den Beginn einer Mondfinsternis als Vorzeichen für den kommenden Tod eines Königs. Der erste Kontakt, dort wo der Erdschatten die Mondscheibe berührt, und die Größe der während der Finsternis verdunkelten Fläche hängen von der Bahn des Monds ab, die er durch den Schatten nimmt. Datum und Zeit dieser Vorgänge und die Art des Voranschreitens der Finsternis gaben genaueren Aufschluss über die Identität des bedrohten Herrschers.

Untergang aller Könige

Babylonische Himmelsbeobachter unterteilten den Mond in Quadranten, die jeweils einem Viertel der Welt entsprachen: So wurde aus der Position des Schattens auf den gefährdeten König geschlossen. Eine totale Mondfinsternis bedeutete, dass alle Könige auf ihren Untergang zusteuerten. Hilfe konnte allerdings Jupiter, also der Gott Marduk, bringen. Ein Absatz in »Enuma Anu Enlil«, einer Sammlung astrologischer Tafeln aus dem zweiten Jahrtausend v. Chr., erklärt: »Der König ist sicher«, wenn der Riesenplanet während des Ereignisses sichtbar ist.

Finsternisse kündeten von göttlichem Zorn und von der Absicht der Götter zum Königsmord. Magische Rituale vermochten zwar wirksam gegen andere Omen eingesetzt werden, doch eine gegen den König gerichtete Mondfinsternis konnten sie nicht abwehren. Darum ersannen die Bewohner des Zweistromlands einen Trick: Sie dirigierten den Angriff des Gottes auf sein königliches Ziel einfach um, indem sie einen Ersatzherrscher ernannten, der den legitimen Regenten übergangsweise vertrat.

Auf Keilschrifttafeln verfasste Briefe an die Könige, vor allem an zwei assyrische Herrscher aus dem 7. Jahrhundert, künden von solchen Ablenkungsmanövern. Der finnische Assyriologe Simo Parpola übersetzte und untersuchte etwa die Briefe assyrischer Gelehrter an die Könige Esarhaddon und Assurbanipal. Esarhaddon, Sohn von König Sennacherib, war wohlbekannt als Regent, der sein ganzes Vertrauen in die Astrologen setzte. Assurbanipal wiederum war Esarhaddons Sohn. Er war es, der die berühmte Bibliothek im heute irakischen Ninive gründete, aus der viele der bis heute überlieferten Schriften stammen.

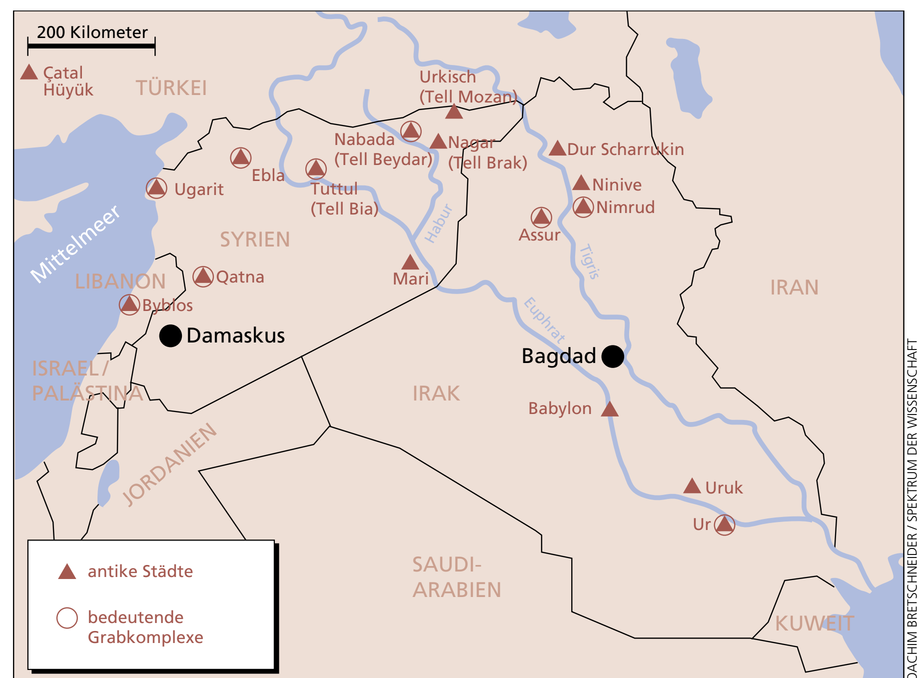
Wurden sie über eine Mondfinsternis informiert, die das Leben des Herrschers in Gefahr brachte, gaben der oberste Dämonenaustreiber, der oberste Schreiber und der oberste Beauftragte für die magischen Rituale dem Herrscher den Rat, seinen Thron an einen Stellvertreter zu übergeben. Üblicherweise war dies jemand, der schon in Ungnade gefallen war: ein verurteilter Häftling, ein politischer Gegner, ein gefangener Soldat, ein Diener oder auch ein Einfaltspinsel.

Er wurde gereinigt, geweiht, in königliche Roben gehüllt, gekrönt und erhielt sogar eine Königin zur Seite. Er stand Banketten vor und trat in der Öffentlichkeit auf. Dabei zu sprechen war ihm verboten: Obwohl er König war, so regierte er doch nicht. Der tatsächliche König spielte während dieser Zeit die Rolle eines einfachen Mannes und zog im Geheimen die Fäden. Weil alleine die Insignien der Herrschaft die Götter möglicherweise nicht überzeugen würden, musste der Ersatzmann den Sonnengott Shamash anrufen und ihm die bösen Vorzeichen mitteilen. Er gab sich als Opfer der kommenden Gefahr aus, um so die Bedrohung auf sich zu lenken.

Der königliche Hofstaat des Stellvertreters umfasste nur ein Zehntel des Ge-


GRIFFITH OBSERVATORY

Alltag des königlichen Hofstaats Dieses Gemälde entstammt dem Buch »Myths and Legends from Babylonia and Assyria« von Lewis Spence aus dem Jahr 1916.



JOACHIM BRETSCHNEIDER / SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT

Zeugnisse der Vergangenheit Noch heute sind Relikte der jahrtausendealten Zivilisationen im Zweistromland erhalten. Mesopotamiens Macht endete allerdings bereits 539 v. Chr. mit der Einnahme Babylons durch die Perser.

folges des wirklichen Königs. Wächter stellten davon ein Drittel: Sie hatten die Aufgabe, den Ersatzmann vor Ärger zu bewahren, ihn aber auch am Entkommen zu hindern.

Höchstens hundert Tage dauerte dessen Amt, meist weniger, doch in jedem Fall endete es, wenn »ihn sein Schicksal ereilte«. Eine Keilschrifttafel macht klar, was das bedeutete: »Der Mann, der an die Stelle des Königs trat, wird sterben.« Ein anderer Text berichtet: »Damqi, ..., der Assyrien, Babylonien und alle Provinzen regierte, starb mit seiner Königin ... anstelle des Königs.« Experten vermuten, dass die falschen Könige üblicherweise vergiftet wurden. Sie erhielten ein königliches Begräbnis, und der wahre König nahm seine Pflichten wieder auf. Während der Periode der Königreiche von Esarhaddon und Assurbanipal waren im Zeitraum von 14 Jahren 16 Mondfinsternisse vom Zweistromland aus sichtbar. Acht davon erforderten die Krönung eines Ersatzmanns.

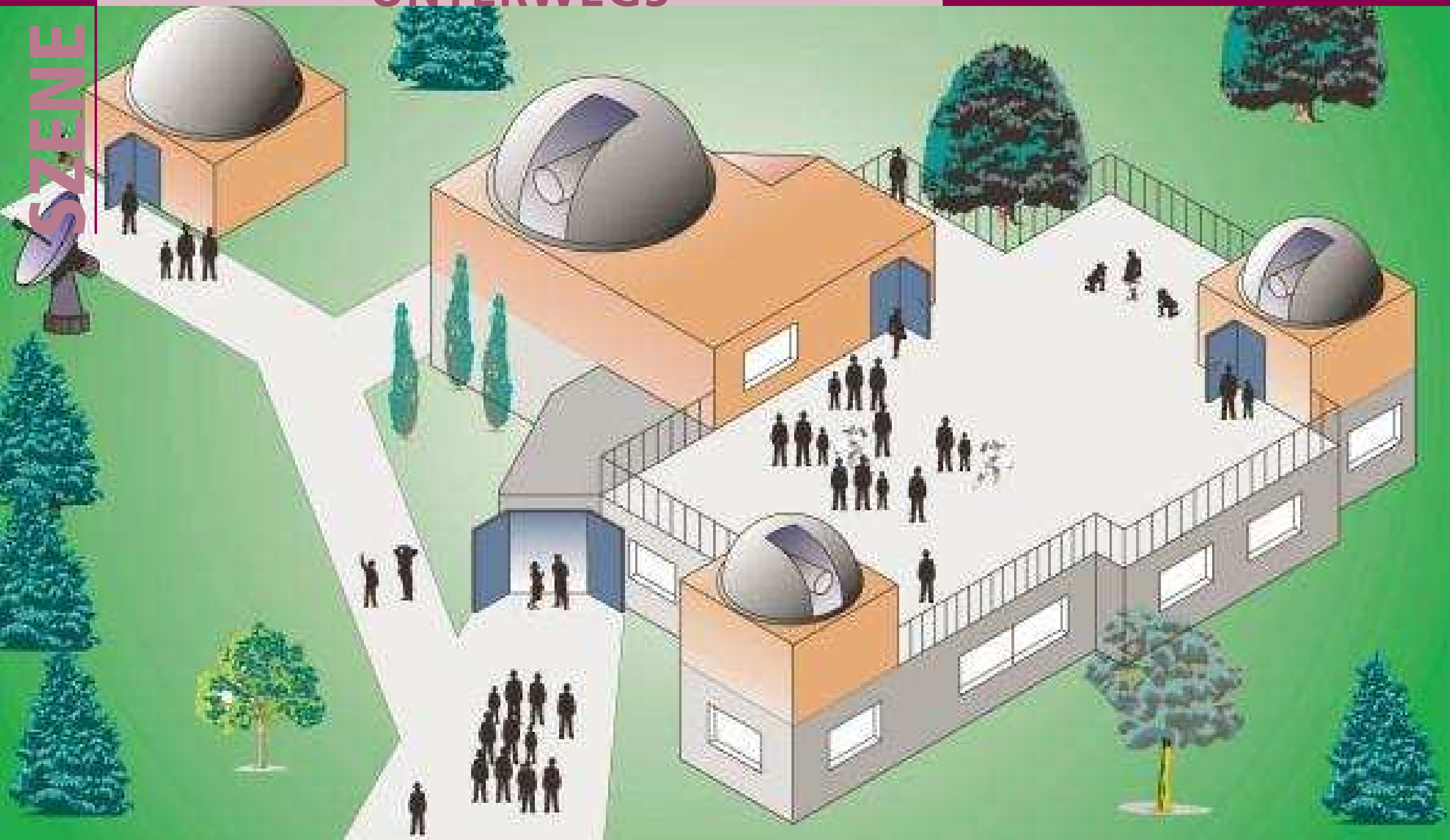
Auch irrtümlich wurde gekrönt – und gestorben

In einem Fall allerdings geschah dies irrtümlich, nämlich am 10. April im Jahr 666 v. Chr.: Damals, so zeigte sich, war Jupiter während der Mondfinsternis wider Erwarten sichtbar. Weil die kommende Mondfinsternis eine totale sein wird, müssten zumindest der Überlieferung zufolge nun auch alle heutigen Staatenlenker um ihr Leben bangen. Sie werden jedoch erleichtert sein zu erfahren, dass Jupiter zu diesem Zeitpunkt sichtbar ist. Ohnehin scheint die Gefahr gering zu sein: In den mesopotamischen Texten fanden weder gewählte Führer eines Staates noch totalitäre Diktatoren je Erwähnung.

Hinzu kommt, dass Mondfinsternisse nicht mehr mit negativen Ereignissen für Könige in Verbindung gebracht werden, deren Zahl im Vergleich zu früher zudem stark gesunken ist.

In den alten Tagen jedoch versetzten sie ganze Hofstaaten in Aufregung und brachten ein Stunt-Double auf den Thron, dem bald die königlichen Totenglocken läuteten. <<

Auch **E. C. Krupp**, Direktor des Griffith Observatory im kalifornischen Los Angeles, sitzt wegen der dortigen Renovierungsarbeiten nicht auf seinem gewohnten Thron.



MIT FRDL. GENEHMIGUNG VON ROLF BITZER

Modell der neuen Sternwarte Rosenfeld-Brittheim. Die mit Geldern des Staatsministeriums Baden-Württemberg geförderte Anlage soll nach fast acht Jahren Planung dieses Frühjahr in Bau gehen und im Herbst 2005 ihre Tore für die Allgemeinheit öffnen.

SERIE **Sternwarten, Planetarien & Co. (Teil I)**

Die Sternwarte Zollern-Alb

Größter Feind der Amateurastronomen sind die Lichter der Großstädte. In Rosenfeld-Brittheim soll daher eine neue Sternwarte für die Region entstehen. >> **Michael Vogel**

Der Ort dürfte nur Einheimischen bekannt sein, aber das könnte sich, zumindest in astronomisch interessierten Kreisen, bald ändern: denn in Rosenfeld-Brittheim soll die Sternwarte Zollern-Alb entstehen. Es ist keine gewöhnliche Amateursternwarte, sondern ein ambitioniertes Projekt einiger Enthusiasten – »langjähriger Amateurastronomen«, wie es Rolf Bitzer formuliert, der Vorsitzende des Fördervereins und der Betriebsgemeinschaft ist.

Hier, mitten auf der Schwäbischen Alb zwischen Balingen und Oberndorf am Neckar, soll in den kommenden zwei Jahren auf einem fünfeinhalb Ar großen Grundstück eine Anlage gebaut werden, die Laien und engagierten Hobbyastronomen gleichermaßen zur Verfügung stehen wird. Nach fast acht Jahren Planung und Vorbereitung ist die Finanzierung der Anlage mittlerweile gesichert: Ende Januar 2004 erhielt Rolf Bitzer aus den Händen des baden-württembergischen Ministers für Ernährung und ländlichen Raum Willi Stächele den Bewilli-

Strahlende Gesichter Rolf Bitzer (zweiter von links) bei der Übergabe des Bewilligungsbescheids durch Minister Stächele

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Regionale Initiativen & Treffen:

Sternwarte Zollern-Alb: Projekt einer internetfähigen Sternwarte am Standort Rosenfeld-Brittheim.
www.sternwarte-zollern-alb.de

Saft: Das Schwäbische Amateur- und Fernrohrtreffen findet seit Mitte der 1990er Jahre jeden September am Rossberg in der Nähe von Reutlingen statt. Die mehrtägige Veranstaltung dient dem Erfahrungsaustausch und der gemeinsamen Beobachtung.
www.sternwarte-reutlingen.de/saft

Regionaltagung: Seit Anfang der 1990er Jahre treffen sich die Astronomischen Vereine der Region an wechselnden Orten. Der Begriff Region ist dabei relativ locker gefasst und kann je nach Ausrichter bis an den Bodensee, bis nach Bayern oder ins südliche Hessen reichen. Einen Ansprechpartner finden Sie unter:
www.sternfreunde-donzdorf.de

gungsbescheid für die finanzielle Förderung mit 600000 Euro aus dem Programm »doIT-regional«. Weitere 400000 Euro steuert die Stadt Rosenfeld bei, die auch das erforderliche Gelände bereitstellt. Baubeginn ist im Frühjahr. »Für Amateurastronomen werden die Geräte der Sternwarte über das Internet steuer- und nutzbar sein«, betont Bitzer, sodass die Einrichtung auch über die Alb hinaus Anziehungskraft haben wird.



Das Kosma-Teleskop stand früher auf dem Gornergrat und wurde der Sternwarte Rosenfeld-Brittheim vom Physikalischen Institut der Universität Köln überlassen.

MIT FRDL. GENEHM. DES 1. PHYSIKALISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT KÖLN

Von der Schweiz ins Schwabenland

Das einzige Gebäude der Sternwarte ist im Moment ein Laborcontainer, der vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) stammt. Darin untergebrachte optische Instrumente wie auch radioastronomische Empfangskomponenten und ein Drei-Meter-Parabolspiegel, der früher auf dem Gornergrat nahe Zermatt in der Schweiz seinen Dienst tat, zeugen von der Ernsthaftigkeit des Projekts. So werden bereits seit Jahren nicht nur eigene Beobachtungen gemacht, sondern auch öffentliche Führungen angeboten. Im Jahr 2002 gelang ein Funkkontakt mit der Internationalen Raumstation ISS.

»Wir wollen hier selbst gewonnene optische und Radiodaten miteinander verknüpfen«, erklärt Bitzer. »Bei uns werden die Leute Jupiter und seinen Mond Io im Radiobereich hören können, nicht nur sehen.« Hinter dem Projekt stehen im Kern Mitarbeiter der Sternwarten Albstadt, Reutlingen und Stuttgart.

Das German Astronomical Directory (www.sternklar.de/gad) listet knapp zwanzig Sternwarten, Vereine und lose Interessengruppen der Region auf, die sich von Heilbronn im Norden bis zur südlichen Schwäbischen Alb sowie von Karlsruhe im Westen bis zur Ostalb erstreckt. Viele Vereine wurden in den 1980er Jahren gegründet und haben heute eine zwei- bis dreistellige Mitgliederzahl. Die Schwäbische Sternwarte in Stuttgart ist mit rund fünfhundert Mitgliedern die größte Vereinigung der Region.

Zweimal im Jahr findet auf dem Breitenstein in der Nähe von Kirchheim/Teck eine gemeinsame Beobachtungsnacht statt. Sie wird von den Kirchheimer, Reutlinger und Donzdorfer Sternfreunden organisiert und richtet sich sowohl an interessierte Laien als auch an Hobbyastronomen. Meist steht dabei eine ganze Phalanx an Fernrohren zur Verfügung. »Die Veranstaltung ist nicht so groß und unpersönlich wie manch anderes Teleskoptreffen«, so ein Teilnehmer.

Neben der Schwäbischen Alb und den Höhenrücken östlich einer Linie Heilbronn – Stuttgart sind für die Amateure im Raum Pforzheim – Karlsruhe vor allem die Höhenlagen des Nordschwarzwalds als Beobachtungsort relativ schnell erreichbar. <<

Michael Vogel ist freier Journalist und begeistert sich seit über zwanzig Jahren für die Astronomie.

Seltene Teleskope in der Region

Schupmann'sches Medial: Es gibt kaum noch Fernrohre, die nach diesem seltenen Prinzip gebaut wurden. Das größte, noch funktionsfähige Schupmann-Medial mit 13 Zoll Öffnung und 3,3 Meter Brennweite steht in der Universitätssternwarte Pfaffenwald in Stuttgart-Vaihingen. Das Teleskop hat eine Objektivlinse und einen so genannten Mangin-Spiegel, ähnlich der Form eines Maksutow-Spiegels, der das Licht aber von seiner metallbeschichteten Hinterseite wieder zurückwirft.
www.uni-stuttgart.de/sternwarte

High-End: Apochromatische Refraktoren zeigen besonders farbreine Bilder. Da die Herstellung apochromatischer Objektive aber sehr teuer ist, steigen die Preise für solche Teleskope schnell mit wachsender Öffnung. Die Sternwarte Welzheim, die vom Planetarium Stuttgart betrieben wird, verfügt über ein Exemplar mit 25 Zentimeter Objektivdurchmesser.
www.sternwarte-welzheim.de

Größter Refraktor Baden-Württembergs: Zwölf Zoll Öffnung, fünf Meter Brennweite, 1925 gebaut – das sind die Eckdaten des Tübinger Refraktors. Sein Standort ist die Sternwarte des Astronomischen Instituts der Universität.
www.sternwarte-tuebingen.de

Öffnung pur: Einen dreiviertel Meter misst der Spiegel des Backnanger Riesendobsons – einer besonderen Art von Spiegelteleskop. Das Fernrohr der Backnanger Sterngucker, einer locker organisierten Gruppe von Amateurastronomen, ist dennoch voll transportabel.
www.bksterngucker.de



STIFTUNG JUGEND FORSCHT E.V.

»Mach dir einen Reim drauf!«

Eric Plum, Jahrgang 1983, hat alle Voraussetzungen für eine Wissenschaftlerkarriere. Seine Jugend-forscht-Arbeit über Pulsare gewann im letzten Jahr den Preis des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt.

ASTRONOMIE HEUTE: Herr Plum, die Pulsarforschung ist nicht gerade etwas, was viele Zwanzigjährige umtreibt – und Sie haben mit Ihrer Arbeit sogar einen Jugend-forscht-Preis gewonnen. Wussten Sie schon immer, dass Sie in die Astronomie wollten?

Eric Plum: Na ja, das hat eigentlich eher zufällig begonnen. Während ich ein Auslandsjahr im amerikanischen Midland, Texas, verbrachte – von dort stammt übrigens George W. Bush und alle sind sehr stolz auf ihren Präsidenten – wollte ich an der Midland High School einen Physikkurs belegen. Weil aber alle anderen schon mehr Mathe gehabt hatten als ich und mir die englischen Fachbegriffe fehlten, wechselte ich zur Astronomie, die ich dann sehr interessant fand. Trotzdem habe ich mich erst einmal mehr mit der Informatik beschäftigt. Als nämlich meine Mitschüler einmal siegreich von einem Programmierwettbewerb heimkamen, dachte ich mir: Das kannst Du auch. So wurde ich dann unter anderem Team-Captain einer Programmierermannschaft, die landesweit den zwölften Platz belegte, auf der Ebene darunter waren wir sogar Zweite.

AH: Und wie kamen Sie dann ausgerechnet zum Thema Pulsare?

Plum: Vor dem Studium wohnte ich in Schönau nahe Effelsberg, wo das Bonner Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) ein Hundert-Meter-Radioteleskop betreibt. In der zwölften Klasse hatte ich mich schon einmal mit einem Technikprojekt bei Jugend forscht beworben – mit einem Beleuchtungssystem für Fahrräder, das

Erfolg mit Pulsaren **Mit seiner Arbeit über »Pulsarforschung und Messdatenorganisation« war Eric Plum im Jahr 2003 bei Jugend forscht erfolgreich.**

sich aus Bremsenergie speist, einschließlich Bremslicht und Blinker – und mich so ein bisschen an das eigenständige forscherische Arbeiten gewöhnt. Am Ende der 13. Klasse sagte ich mir dann: Ich möchte vor dem Studium noch mal was machen, Effelsberg ist in der Nähe, und siehe da, die Türen des Instituts waren nicht so verschlossen wie sie aussahen. Und dort ging es dann los mit einem Praktikum über Pulsare.

AH: Das war wohl ein Sprung ins ziemlich kalte Wasser?

Plum: Allerdings. Mein Betreuer, Axel Jessner, zeigte mir eine Datenbank mit zweihundert CDs voller Pulsarmessungen und meinte einfach: »Guck Dir das an, mach Dir mal einen Reim drauf.«

Ziemlich schnell stieß ich auf das Problem, dass die Messdaten organisatorisch in einem furchtbaren Zustand waren. Wer etwas Bestimmtes suchte, musste schon ein paar Stunden Aufwand einkalkulieren. Also setzte ich mich hin und schrieb eine Software, mit der sich die Daten schnell durchforsten ließen. Weil die Leute am Institut die so praktisch fanden, durfte ich gleich noch einen Monat länger bleiben und eine DeLuxe-Version des Programms schreiben. Mit Sommerferien war allerdings nichts mehr in diesem Jahr. Dafür aber konnte ich mich endlich mit den Messdaten selbst beschäftigen.

AH: Und was fanden Sie heraus?

Plum: Pulsare sind ja Neutronensterne mit Durchmessern um die zehn Kilometer, mit extremer Schwerkraft und einem ebenso starken Magnetfeld. Während sie schnell rotieren, senden sie einen Strahlungskegel elektromagnetischer Wellen aus – sie strahlen wie ein Leuchtturm durch den Weltraum und dabei huscht ihr Licht regelmäßig über die Erde. Eine der interessantesten Fragen war jetzt: Wo genau entsteht diese Strahlung?

AH: Darüber gibt es ja schon eine ganze Reihe von Untersuchungen.

Plum: Wie mir Dr. Jessner bestätigt hat, hatte ich einen neuen Weg für die Lösung dieses Problems gefunden. Ich bin die Fragestellung geometrisch angegangen und stellte mir vor, wie geladene Teilchen mit den rotierenden Magnetfeldlinien um den Stern kreisen und dabei fast Lichtgeschwindigkeit erreichen. Bei diesem Tempo können die schnellsten von ihnen aus dem Magnetfeld ausbrechen und so einen elektrischen Strom verursachen, der Strahlung abgibt. Weil aber alles ziemlich komplex wurde und ich nur die Mathekenntnisse aus meinem Leistungskurs hatte, zermarterte ich mir ganz schön den Kopf.


ERIC PLUM

Urlaubstour zum VLA **Auch in den Ferien – hier am Very Large Array in New Mexico – lässt Eric Plum die Astronomie nicht los.**


MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR RADIOASTRONOMIE

»Kosmische Leuchttürme« im Visier **Das Effelsberger Teleskop, 1972 in Betrieb genommen, ist eines der zwei größten voll beweglichen Radioteleskope der Welt.**

AH: Dachten Sie auch einmal daran, das Handtuch zu werfen?

Plum: Das Einzige, was mich dazu gebracht hat, nicht aufzugeben, war: Ich kann's zeichnen, also kann man's auch ausrechnen. Am Ende hatte ich tatsächlich eine wenn auch recht hässliche Formel hergeleitet. Für den einen der beiden von mir untersuchten Pulsare kam heraus, dass die gemessene Strahlung aus einem Bereich zwischen 300 und 1100 Kilometer über dessen Magnetpolen stammt, beim anderen sind es zwischen 700 und 3000 Kilometer.

AH: Und jetzt wollen Sie eine Laufbahn als Wissenschaftler starten?

Plum: Das würde mir schon extrem viel Spaß machen. Jetzt studiere ich an der RWTH Aachen aber erst einmal Physik. Dieses Fach ist breiter ausgerichtet als die Astronomie und ich muss mich nicht so sehr festlegen. Kürzlich aber holte mich die Astronomie wieder ein. Ich besuchte das Very Large Array in New Mexico, traf jemanden, der wiederum jemanden vom MPIfR kannte, und bekam prompt eine Führung durch die ganzen Räumlichkeiten, in die man sonst nicht rein darf. Na ja: Ich stehe jetzt ein Semester vor dem Vordiplom. Vielleicht wäre ein Diplom in Astronomie ja schon was! <<

Das Interview führte **Thilo Körkel**. In einer der kommenden Ausgaben werden wir ausführlich über das Thema Pulsare berichten.

Ein Apochromat für alle

Lassen Sie sich nicht vom relativ günstigen Preis täuschen: Dieses kleine Linsenfernrohr trägt die Bezeichnung »Apo« zu Recht.

>> Ed Ting

Noch heute erinnere ich mich gut daran, wie ich vor vielen Jahren das erste Mal durch einen apochromatischen Refraktor (siehe Glossar) schaute. Als ich auf einem Teleskoptreffen ein bisschen umherschlenderte, kam ich an einem Fünf-Zoll-Apo-Refraktor von Astro-Physics vorbei. Der Anblick von Saturn in diesem Teleskop war wirklich umwerfend. Obwohl es schwer in Worte zu fassen ist, sah das Bild irgendwie echter und realistischer als in anderen Fernrohren aus. Sicher, die großen Newton-Spiegelteleskope sammeln mehr Licht, und die Schmidt-Cassegrains sind besser zu transportieren, doch ich war von der Reinheit und Klarheit des Anblicks, den der Apochromat mir bot, begeistert. Am Ende einer langen Beobachtungsnacht wusste ich zwei Dinge: dass ich unbedingt ein solches Gerät haben



ALLE FOTOS: CRAIG MICHAEL UTTER

Kann ein Gerät **zum Preis des Orion-80-mm-ED wirklich die Leistung eines Apochromaten erreichen? Ein Grund für den niedrigen Preis ist, dass man dafür nur den Tubus bekommt und sämtliches Zubehör separat kaufen muss.**

GLOSSAR

Achromat: Objektiv, das Farbfehler durch die Kombination mehrerer Linsen aus verschiedenem Material korrigiert.
Apochromat: Objektiv, das Farbfehler durch Verwendung von Materialien mit geringer Farbstreuung vermeidet.
Brechungsindex: Maß für die Fähigkeit, Lichtstrahlen abzulenken.
Dawes-Grenze: Winkelabstand zweier Punkte, die durch ein Teleskop gegebener Öffnungsweite gerade noch getrennt werden können. Rechnerisch maximal mögliche Auflösung.
Ronchi-Test: Verfahren zur Beurteilung der optischen Qualität von Spiegeln und Linsen.



Eine der beiden Linsen des Objektivs besteht aus ED-Glas, mit dem sich die chromatische Aberration entscheidend reduzieren lässt. Die Messungen von Sky & Telescope ergaben eine effektive Öffnung von 80 Millimetern und eine Brennweite von 597 Millimetern.

wollte und dass ich mir leider keines leisten konnte.

Ein Refraktor enthält ein Objektiv aus mehreren Linsen, die das einfallende Licht in einem Brennpunkt vereinigen. Die Linsen wirken aber auch wie schwache Prismen, die das weiße Licht in seine Spektralfarben zerlegen.

Blaue und purpurfarbene Kränze

Typischerweise wird blaues Licht stärker gebrochen, das heißt der Brennpunkt des blauen Lichts liegt näher hinter dem Objektiv als der des roten Lichts. Dieser als »chromatische Aberration« bekannte Abbildungsfehler verursacht farbige Ränder um helle Objekte. Oft sieht man blaue oder purpurfarbene Kränze bei hellen Sternen.

Ein achromatisches Objektiv setzt sich aus zwei Linsen zusammen, die aus verschiedenen Glassorten gefertigt sind. Dadurch gelingt es, die Farben des Lichts besser in einem Punkt zu bündeln, als es mit einem einlinsigen Objektiv möglich ist. Ein guter Achromat liefert hervorragende Bilder, doch der Farbfehler verschwindet nicht ganz. Je niedriger das Öffnungsverhältnis, desto stärker ist die chromatische Aberration sichtbar. Das heißt, ein f/5-Gerät ist stärker betroffen als ein f/10-Gerät. Ist man erst einmal auf den Farbfehler aufmerksam geworden, übersieht man ihn auch nicht mehr so schnell.

Die Astronomen mussten seit der Erfindung des Teleskops im frühen 17. Jahrhundert mit den Farbfehlern der Refraktoren leben. Erst seit kurzem ermöglichen Fortschritte in der Glasherstellung Objektive, die praktisch frei von Farbfehlern sind – zumindest in dem für das Auge sichtbaren Wellenlängenbereich. Diese apochromatischen Objektive enthalten eine oder mehrere Linsen aus Glas mit einem besonders wenig von der Farbe abhängigen Brechungsindex (extra-low-dispersion oder ED-Glas) oder aus Fluorit. Damit kann die chromatische Aberration minimiert werden.

Achromat heißt so viel wie »ohne Farbe«, während Apochromat übersetzt »ohne Farbe – aber diesmal wirklich« bedeutet. Sollten irgendwann einmal Refraktoren erfunden werden, die noch farbreiner als die heute verfügbaren sind, müsste man eine gänzlich neue Bezeichnung einführen.

Für viele Amateurastronomen ist und bleibt ein apochromatischer Refraktor jedoch ein Wunschtraum. Das Problem sind die Anschaffungskosten: Hochwertige Apochromaten schlagen mit Preisen von mehr als tausend Euro pro Zoll Öffnung zu Buche. Erschwerend kommt hinzu, dass mitunter nach der Bestellung Wartezeiten von mehreren Jahren in Kauf genommen werden müssen. Das führt dazu, dass für manche gebraucht angebotenen Teleskope sogar mehr gezahlt wird als ein Neugerät.

In diese Situation platzt nun der neue 80-Millimeter-f/7,5-ED-Refraktor von Orion Telescopes & Binoculars, der von der chinesischen Firma Synta gefertigt wird. In den vielen Jahren, in denen ich Teleskoptests durchführe, habe ich noch nie erlebt, dass einem neuen Fernrohr so viel Interesse entgegengebracht wurde wie in diesem Fall. Innerhalb weniger Tage nach der Ankündigung durch Orion wurden Internetforen und Newsgroups geradezu mit Spekulationen zu diesem Fernrohr überschwemmt. Manche Teilnehmer vermuteten, dass das kleine 80-Millimeter-Teleskop das beste Preis-Leistungs-Verhältnis auf dem ganzen Astronomiemarkt biete. Andere vertraten die Auffassung, dass für diesen Preis keine gute Qualität zu erwarten sei. Die Online-Diskussionen wurden lebhaft geführt, bevor auch nur irgendjemand das Teleskop in Händen hielt.

Große Vorfreude

Verständlicherweise war ich sehr gespannt darauf, endlich eines dieser neuen Teleskope in die Finger zu bekommen. Denn nur dann lässt sich die Leistungsfähigkeit eines Fernrohrs beurteilen. Das hier beschriebene Exemplar wurde anonym gekauft und etwa einen Monat lang getestet. Und zwar alleine sowie im direkten Vergleich mit diversen High-End-Refraktoren vergleichbarer Öffnung.

>



Der Okularauszug hat einen 2-Zoll-Anschluss-Stutzen, ein 1¼-Zoll-Adapter liegt bei. Große Handknöpfe sind bei der Feineinstellung nützlich. Mit einer Chromschraube kann man die Spannung anpassen, mit der die Welle gegen eine glatt gefräste Fläche des Rohres drückt.

> Nun möchte ich Sie aber nicht länger auf die Folter spannen: Der Orion-80-Millimeter-ED-Apo ist ein wunderbares Teleskop und ein echtes Schnäppchen auf dem Astronomiemarkt. Sie sollten sich jedoch darüber im Klaren sein, dass Sie in der Basisversion für 498 Euro nur einen Teleskoptubus mit Optik und keineswegs ein komplettes Fernrohr bekommen.

Geliefert wird ein Tubus ohne Rohrschellen, ohne Zenitprisma, Okulare, Sucher oder Montierung. Der Orion-80-Millimeter-ED-Apo hat einen kleinen Montagesockel mit einem gängigen Stativgewinde (¼ Zoll) auf der Unterseite des Tubus, mit dem er im Prinzip auf jedem Fotostativ montiert werden kann. In Anbetracht des Tubusgewichts ist dies aber keine gute Idee. Man sollte unbedingt ein Paar Rohrschellen dazubestellen. Es passen die der 102-Millimeter-Refraktoren von Synta (49 Euro) oder – wenn es etwas edler sein soll – die von Parallax Instruments. Auch die Klapprohrschelle, die TeleVue für ihre großen Refraktoren (Genesis, TV-102, TV-101, TV-NP101 und TV-NP127) anbietet, kann man verwenden.

Das Teleskop sollte auf einer guten Montierung samt Stativ sitzen. Prinzipiell ist dazu jede stabile Deutsche Montierung geeignet. Manche Firmen bieten hierzu geeignete Komplettpakete an. Von Synta selbst gibt es mit der EQ-3 (220 Euro inklusive Stativ) und der Astro-5 (348 Euro inklusive Stativ und beleuchtetem Polsucher) zwei passende Modelle. Mit der TeleVue-Klapprohrschelle kann der Orion auch an der alt-azimutalen Montierung TeleVue-Gibraltar befestigt werden.

Außer einer Montierung benötigt man jedoch noch weiteres Zubehör. In jedem Fall ist ein Sucherteleskop von Nutzen. Zusätzlich habe ich für meine Tests noch einen Rigel Systems Quickfinder (55 Euro) auf eine der Rohrschellen montiert. Für Okulare und Zenitspiegel verfügt das Teleskop über einen Zwei-Zoll-Anschluss, im Lieferumfang enthalten ist aber auch ein Adapter für 1¼ Zoll.

Insgesamt ist mit zusätzlichen Investitionen von zirka 450 bis 700 Euro zu rechnen, um schließlich ein funktionstüchtiges Teleskop zu besitzen.



Diverse Sucherteleskope in der gleichen Lackierung wie das Teleskop lassen sich auf dem Montageschuh des Tubus befestigen. Abgebildet ist ein 6×30-Sucher mit 90°-Einblick und aufrechtem Bild.

Sehr gute Optik

Jetzt ist es an der Zeit, mit den ersten Beobachtungen zu beginnen. Ein Test an einem Fixstern offenbart die sehr gute Qualität der Optik. Das Sternscheibchen mit den Beugungsringen sieht sowohl im als auch außerhalb des Fokus lehrbuchmäßig aus. Vergrößert wurde dabei mit TeleVue-Radian-Okularen von sechs und vier Millimetern (entsprechend 100- bis 150facher Vergrößerung). Bei 200facher Vergrößerung konnte ich eine leichte Asymmetrie im Beugungsbild erkennen. In der Praxis jedoch werden die meisten Beobachter ein 80-Millimeter-Teleskop nur selten mit 200facher Vergrößerung einsetzen.



Einen Ronchi-Test (siehe Glossar) des Orion-80-Millimeter-ED liefert dieses Diagramm. Verwendet wurde ein grüner Laser in doppelter Autokollimation sowie ein Gitter mit 33 Linien pro Zentimeter. Das Bild zeigt den Zustand außerhalb des Fokus und zeugt von einer präzisen, gut korrigierten Optik.

Was mich besonders beeindruckte, war das völlig farbreine Bild im Teleskop: keine Spur mehr von der chromatischen Aberration. Die Sterne hoben sich weiß gegen den schwarzen Himmelshintergrund ab. Nur wenn die Vergrößerung übermäßig gesteigert wurde und sehr helle blaue Sterne wie Wega eingestellt waren, konnte ich einen schwachen blauen Hof erkennen. Und selbst dann war es schwierig, den Farbfehler wirklich zu entdecken. Bei einem meiner Tests verglich ich einen älteren, aber sehr guten 80-Millimeter-f/11-Achromaten mit dem Orion. Im Apo war das Bild klarer, farbreiner und knackiger. Als ich den Mond knapp außerhalb des Bildfelds positionierte, gelangte nur wenig Streulicht in das Okular – ein sicheres Zeichen dafür, dass die zwei Blenden im Tubus des Orion ihren Zweck erfüllen.

Ich hatte das Glück, das Teleskop während der vergangenen Mars-Opposition testen zu können. Der kleine Orion zeigte hier beeindruckende Details auf der Oberfläche des Roten Planeten. Die helle, weiße Polkappe war leicht zu erkennen, ebenso Syrtis Maior und eine Hand voll anderer bekannter, dunkler Strukturen. Das Teleskop zeigte die komplette Cassini-Teilung der Saturnringe sowie mindestens drei seiner Monde.

Auch Doppelsterne nahm ich eine gewisse Zeit lang ins Visier. Standardobjekte wie etwa der Polarstern, Albireo und Epsilon Lyrae waren so einfach aufzulösen, dass ich nach größeren Herausforderungen Ausschau hielt. So gelang es mir, Epsilon Arietis zu trennen, dessen Komponenten mit 1,4 Bogensekunden nahe am Dawes-Grenze (siehe Glossar auf S. 60) für ein 80-Millimeter-Teleskop liegen.

Doppelsterne im Visier

Delta Cygni konnte ich nur ganz knapp trennen. Mit einem Abstand von 2,5 Bogensekunden ist dies zwar kein besonders enges Paar, durch den großen Helligkeitsunterschied der beiden Partner mit 2,9 und 6,3 Größenklassen ist dieser Doppelstern aber selbst für viele Vier-Zoll-Refraktoren eine harte Nuss. Sein Anblick – eine deutliche Aufhellung im ersten Beugungsring – war nicht wirklich aufregend, doch die Tatsache, dass das Teleskop die beiden Komponenten überhaupt trennen kann, belegt die Leistungsfähigkeit seiner Optik.

Ein 80-Millimeter-Refraktor ist nicht gerade für die Beobachtung von Deep-Sky-Objekten prädestiniert. Dennoch kann er, wenn man ihn vernünftig einsetzt, eine Menge Freude bereiten. Alle Kugelsternhaufen des nördlichen Sommer- und Herbsthimmels, die eine Messier-Nummer tragen, sind lohnende Ziele für dieses Instrument. Bei den größeren Sternhaufen (M 13, M 5, M 3, M 15) kann man im Randbereich bei 100facher Vergrößerung sogar eine gewisse Körnigkeit erkennen. Sie belegt, dass diese Kugelsternhaufen aus zahllosen einzelnen Sonnen bestehen. Unter einem dunklen Himmel zeigt das Teleskop sowohl den östlichen und westlichen Teil des Schleiernebels als auch zarte Nebelteile dazwischen, wenn ein OIII-Filter verwendet wird. Ein solcher OIII- oder UHC-Filter ist für die Planetarischen Nebel M 57 (Ringnebel) und M 27 (Hantelnebel) empfehlenswert. Überraschenderweise konnte ich mit Hilfe eines H-beta-Filters sogar den California-Nebel erkennen.

Zur objektiven Einschätzung verglichen meine Sternfreunde und ich den Orion mit einigen qualitativ hochwertigen Refraktoren ähnlicher Größe. Und zwar mit meinem TeleVue-Ranger, einem 70-Millimeter-f/6,8-ED-Refraktor (rund 1000 Euro), den TeleVue als »Semi-Apochromaten« anbietet. Der Orion hat eine bessere Farbkorrektur und ein etwas helleres Bild. Ansonsten liegen beide Teleskope auf gleichem Niveau, auch wenn dem Ranger die Trennung von Delta Cygni nicht gelingt. Zuletzt haben wir den Orion mit dem TeleVue TV-76 verglichen, einem 76-Millimeter-Apo (1500 Euro). Manchmal konnte man das Bild dieser beiden beim Durchschauen nicht unterscheiden. Erst bei Vergrößerungen von 200fach und mehr hielt das Bild im Orion nicht mehr ganz mit: Dann wurde auch ein leichter Farbfehler sichtbar, während der TV-76 keine Spur davon zeigte.



Am Tubus ist ein kleiner Montagesockel mit einem ¼-Zoll-Fotogewinde angebracht, das eine Montage auf ein Fotostativ erlaubt. Für den 2,6 Kilogramm schweren Tubus ist dies jedoch unzureichend.

Klasse Optik – schwache Mechanik

Was die Mechanik betrifft, kann es der Orion mit den in dieser Hinsicht erstklassigen TeleVue-Geräten jedoch nicht aufnehmen. Beim Orion findet man einen vergleichsweise funktional ausgeführten Tubus. Der TV-76 ist deutlich kleiner und damit leichter transportabel. In mechanischer Hinsicht bietet der Orion somit das, was man vom Anschaffungspreis her erwarten kann, während die optische Leistung die Erwartung deutlich übertrifft.

Der Orion-80-Millimeter-ED-Apo ist ein tolles kleines Gerät mit einem unglaublich guten Preis-Leistungs-Verhältnis. Wenn Sie mit den oben zum Thema Ausstattung geäußerten Einschränkungen leben können, so kann ich ihn wärmstens empfehlen. Es ist das aufregendste Teleskop, das mir seit langem über den Weg gelaufen ist. <<

Orion/Synta-80-Millimeter-ED-Apo

Eigenschaften und Funktion

> 80-Millimeter-ED apochromatisches Linsenteleskop: 80-Millimeter-f/7,5-Refraktor, Objektiv zweilinsig, 2-Zoll-Crayford-Auszug, Adapter für 1¼ Zoll
> Preis: 498,– € (nur der Tubus mit Optik)

Was uns gefallen hat

> Exzellente Optik in einem leicht transportierbaren Gerät
> Gute mechanische Verarbeitung
> Niedriger Preis

Was uns nicht gefallen hat

> Der am Tubus befindliche Montagebock mit Fotostativgewinde ist zu schwach für ein Instrument dieser Größe.

Bezugsquellen

> Teleskop-Service Ransburg GmbH, Keferloher Marktstraße 19 C, D-85640 Putzbrunn – Solalinden, www.teleskop-service.de/Astro/Refraktor/refraktor.htm#80
> Scopequipment, Langenbranderstr. 42, D-76596 Forbach-Langenbrand, www.scopequipment.com

Neben öffentlichen Vorträgen umfassen die astronomischen Aktivitäten von **Ed Ting** das Testen von Equipment für Sky & Telescope und für seine Internetseite www.scopereviews.com.



ALLE BILDER: TOM MATHESON

Vom Foto zum Film

Der Mars in Drehung: Ein Hobbyastrofotograf bringt Bilder vom Roten Planeten zum Laufen. **>> Tom Matheson**

Immer ein Stück weiter Diese mit der Webcam geschossenen Einzelbilder zeigen die Rotation des Roten Planeten. Vier Wochen benötigte der Autor, bis er die Rohdaten für seinen Film »im Kasten« hatte.

Die Gelegenheit war günstig: Im vergangenen Sommer stand Mars der Erde so nahe wie seit Jahrtausenden nicht mehr, weshalb der Rote Planet im Teleskop ungewöhnlich groß erschien. Und so wagte ich mich an die Verwirklichung eines anspruchsvollen Projekts, eines Films, der die Rotation des Planeten über einen vollständigen Marstag zeigen sollte. Rund einen Monat lang fotografierte ich bis tief in die Nacht und verbrachte unzählige Stunden mit der Nachbearbeitung der Bilder am Computer, bis der Film endlich im Kasten war. Die fertige Animation ist auf der Website von Sky & Telescope zu finden (http://SkyandTelescope.com/observing/objects/planets/article_1105_1.asp).

Inspiriert hatte mich Iris, eine vom französischen Hobbyastronomen Christian Buil entwickelte kostenlose Bildbearbeitungssoftware (www.astrosurf.com/buil). Iris kann Planetenbilder so umwandeln, dass sie als ebene Karte in Zylinderprojektion dargestellt werden, die sich wiederum auf eine Kugel projizieren lässt. Diese Kugel kann man danach aus jedem beliebigen Winkel betrachten.

Wenn ich also CCD-Aufnahmen von allen Seiten des Roten Planeten machte, so dachte ich mir, ließe sich mit Hilfe von Iris und der Bildbearbeitungssoftware Adobe Photoshop eine ebene Karte der Marsoberfläche erstellen und anschließend mit Iris um eine Kugel »wickeln«, um so die Einzelbilder (Frames) des Films zu erzeugen.

Die fotografische Durchführung allerdings gestaltete sich kompliziert und das gleich aus mehreren Gründen. An meinem Wohnort an der Ostküste der Vereinigten Staaten in New Jersey stieg Mars nie höher als etwa 34 Grad über den Horizont, außerdem erschwerten atmosphärische Störungen die Aufnahme scharfer Bilder.

Durch Lücken der Wolkendecke geschossen

Hinzu kam, dass das Jahr 2003 hier zu Lande ungewöhnlich regenreich war. Infolgedessen nahm ich alle meine Marsbilder unter durchschnittlichen bis schlechten Sichtbedingungen auf; manche Fotos schoss ich sogar durch Lücken in der Wolkendecke.

Um dennoch gute Bilder zu erhalten, versuchte ich Mars nur dann abzulichten, wenn er am höchsten stand. Ich konnte also nicht einfach abwarten, bis sich Mars im Lauf der Nacht weiterdrehte, um seine verschiedenen Seiten zu sehen; vielmehr nahm ich ihn Nacht für Nacht zur selben Zeit auf. Mars benötigt für eine vollständige Umdrehung etwas



»Best Of« Drei der gelungensten Aufnahmen des Autors. Deutlich sichtbar: Am Südpol schmolz die Eiskappe binnen weniger Wochen.

mehr als 24 Stunden: Beobachtet man ihn also jede Nacht zur gleichen Zeit, so scheint er sich immer ein Stück weit rückwärts zu drehen und es dauert rund einen Monat, bis man den Planeten vollständig gesehen hat. In den vier Wochen um den Zeitpunkt der größten Annäherung von Mars an die Erde gelangen mir insgesamt zehn gute Aufnahmen, die eine volle Umdrehung abdecken. Drei davon sehen Sie links unten.

Der Computer als Filmemacher

Meine Arbeitsgeräte waren die Philips-Webcam ToUcam Pro sowie ein 155-Millimeter-Refraktor mit f/50. Jedes Bild ist ein Komposit aus rund 400 Rohvideo-Frames, ausgewählt aus 1800 Aufnahmen, die pro Nacht entstanden. Ich belichtete 1/30 Sekunde in dunstigen und 1/100 Sekunde in klaren Nächten und nahm mit jeweils zehn Frames pro Sekunde auf. Die Rohframes zeichnete ich mit der astronomischen Bildbearbeitungssoftware K3CCDTools auf und legte sie anschließend mit RegiStax und Photoshop übereinander.

Nachdem ich Mars ringsum abgelichtet hatte, half mir Iris, die einzelnen Sektoren der Karte in Zylinderprojektion darzustellen, sodass ich sie anschließend in Photoshop zu einem nahtlosen Mosaik zusammenfügen konnte. Danach musste ich die einzelnen Filmbilder erzeugen: Wiederum mit Hilfe von Iris projizierte ich die Karte auf eine Kugel und wiederholte dies mehrmals, wobei ich jeweils den Längengrad des Zentralmeridians veränderte. In Photoshop optimierte ich die Filmbilder noch einmal und fügte sie schließlich mit ImageReady zu einer Animation zusammen. Das war's!

Noch einige Bemerkungen: Auf der Karte erscheint die Region oberhalb 71 Grad nördlicher Breite schwarz, weil der Nordpol von Mars während seines spektakulären Auftritts 2003 von der Erde abgewandt war. Da ich die animierte Kugel aber mit der gleichen Achsneigung zeige, wie sie auch Mars aufweist, taucht die fehlende Region im Film nicht auf.

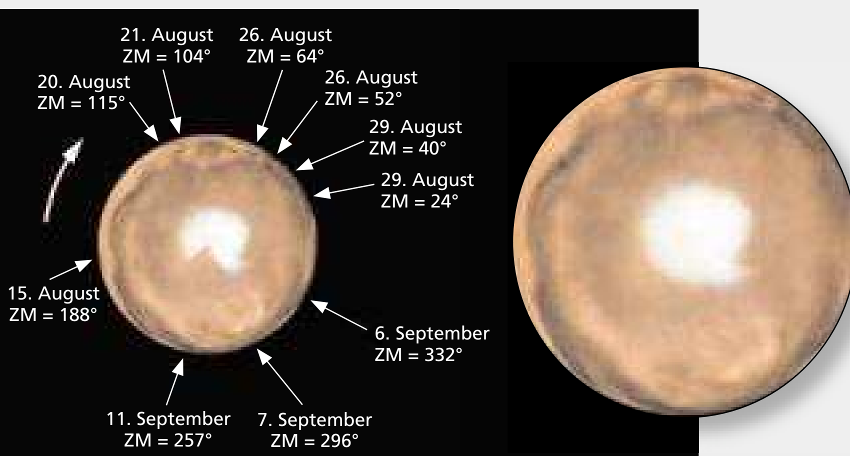
Problematisch war auch, dass die Eiskappe am Südpol im Verlauf des vierwöchigen Aufnahmezeitraums merklich schrumpfte. Deutlich erkennbar ist dies auf den drei Bildern auf der linken Seite, die über einen Zeitraum von 23 Tagen entstanden, aber auch auf dem kleineren Foto unten. Letzteres zeigt im Mittelpunkt den Marssüdpol und enthält neben den Datumsangaben auch die Längengradwerte des Zentralmeridians der zehn angegebenen ursprünglichen Aufnahmen. Zum Ausgleich für die schrumpfende Eiskappe erzeugte ich für den Film eine »gemittelte« Südansicht, indem ich Photoshop die Lücke ausfüllen ließ.

Mal eben: Mars Eine aus den Aufnahmen des Verfassers erstellte Karte des Roten Planeten in Zylinderprojektion. Die dunkle, dreieckige Formation rechts ist Syrtis Major, der helle Fleck links der Vulkan Olympus Mons.

Die fertige Animation besteht aus 240 Einzelbildern, von Bild zu Bild dreht sich Mars um 1,5 Grad weiter. Bei einer Wiedergabegeschwindigkeit von zwanzig Bildern pro Sekunde benötigt »mein« Roter Planet zwölf Sekunden für eine »Umdrehung«, also einen Marstag.

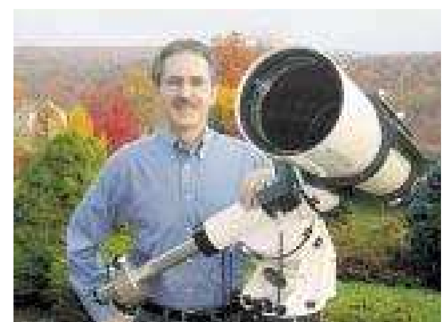
Jetzt freue ich mich schon auf die nächste Marsannäherung im Herbst 2005. Mars wird dann zwar nicht ganz so groß erscheinen wie im Jahr 2003 (nur zwanzig statt 25 Bogensekunden), doch von hier wie auch von Mitteleuropa aus wird er rund sechzig Grad hoch am Himmel stehen und hervorragend sichtbar sein.

Wenn Sie ungeduldig sind, können Sie sich auch vorher schon am Gasplaneten Jupiter versuchen. Dank seiner hohen Rotationsgeschwindigkeit von 9,8 Stunden können Sie ihn schon in zwei bis drei Tagen komplett ablichten statt wie bei Mars einen Monat lang warten zu müssen. <<



Rundherum abgelichtet Mit dem Südpol im Zentrum ist hier das auf eine Kugel »aufgewickelte« Marsmosaik zu sehen. Angegeben sind das Datum der zehn Einzelaufnahmen sowie die jeweiligen Längengradwerte des Zentralmeridians (ZM). Die Einkerbung in der südlichen Polkappe zeigt deren Abschmelzen zwischen August und September. Rechts die »korrigierte« Version

Tom Mathesons Interesse an Astrofotografie wurde im Jahr 1996 durch das Erscheinen des Kometen Hyakutake geweckt.



Mars per Mausklick

Das Internet macht's möglich: Einige Webseiten erlauben dem Cybernauten, hautnah bei der Erforschung dabei zu sein.

>> Oliver Dreissigacker



Mars24 ist ein Java-Applet der Nasa und zeigt die Standorte verschiedener Lander und Rover.

Gehen wir in Gedanken zurück an den Beginn der Missionen: Kurz nach dem Verlassen der Erdumlaufbahn sieht Mars im Fadenkreuz der Raumsonden so aus wie für einen Beobachter auf der Erde. Unsere Kollegen von skyandtelescope.com stellen auf ihrer Website ein kleines Microsoft-Windows-Programm zum kostenlosen Download bereit, das die Phasen des Mars und die in einem Teleskop sichtbaren, markanten Oberflächenmerkmale simuliert. In diesem »Mars Previewer« lässt sich auch der Teleskoptyp einstellen, sodass die Vorschau entsprechend auf dem Kopf steht oder gespiegelt ist.

Nähern sich die Sonden dem Planeten, unterscheidet sich ihr Blickwinkel immer mehr von dem von der Erde. Hier kommt ein Java-Programm von giss.nasa.gov ins Spiel, »Mars24«. Sie können es zum häufigen Gebrauch herunterladen, oder gelegentlich direkt in Ihrem Web-Browser starten. Über eine Vielzahl von Einstellungsmöglichkeiten lässt sich der Planet von fast jedem Punkt über seiner Oberfläche in verschiedenen Kartenprojektionen darstellen. Das Programm ermittelt dabei für die gewählte Uhrzeit die Tag- und Nachtgrenzen und zeigt die Positionen der verschiedenen Landeroboter und Rover an sowie die vergangene Zeit nach ihrer Landung in irdischen Angaben und in Sol, also Marstagen, die mit 24 Stunden und 37,4 Minuten rund 41 Minuten länger sind, als Erdtage.

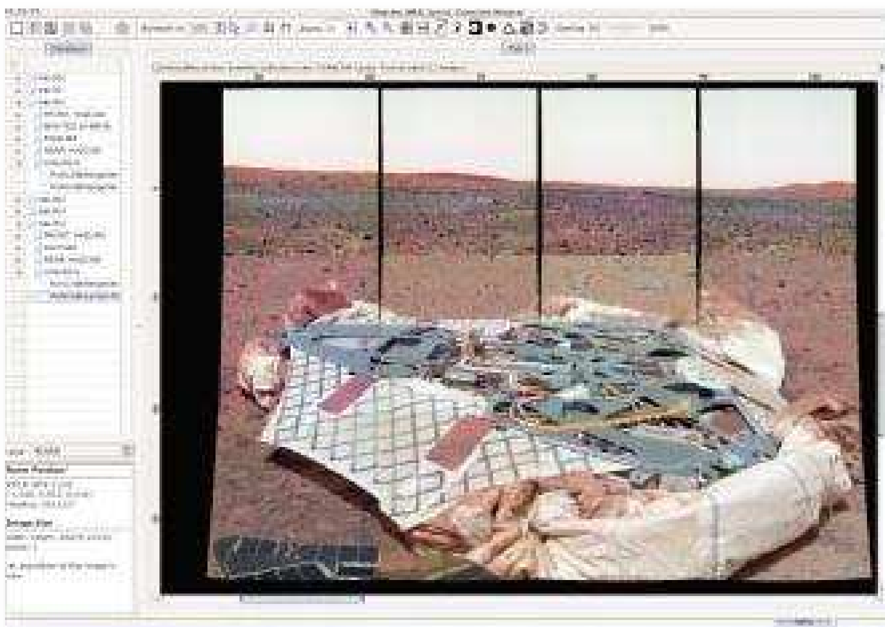
Was aber sehen die beiden US-Rover Spirit und Opportunity auf der Marsoberfläche? Verschiedenste Aufnahmen sind ja immer wieder auf Webseiten und im Fernsehen zu sehen, aber Sie können sich natürlich auch direkt an der Quelle bedienen: Das Jet Propulsion Laboratory der Nasa (JPL) hat hierfür eigens das Programm »Maestro« entwickelt, das die hoch aufgelösten Bilder der verschiedenen Kameras an Bord der Rover darstellt. Das Software-Paket ist allerdings ziemlich voluminös: 27 MB (Mac OS-X 10.3 Panther), 38 MB (Windows), 44 MB (Red Hat Linux), 67 MB (Sun Solaris). Dazu kommt Java-3D, falls noch nicht auf dem Rechner vorhanden, und der Download der neuesten Bilder. Ein schneller Rechner (mindestens Pentium-3, G3 oder vergleichbar) und eine ISDN-, besser DSL-Verbindung sind hier unerlässlich.

Als ressourcenfreundliche und zudem deutschsprachige Alternative ist das Mars-Panorama-Projekt von Burkhard Brücher auf bmme.de zu empfehlen. Es handelt sich dabei um eine Flash-Animation, bei der in die Panoramen interessante Textinfos und Nahaufnahmen eingeblendet werden. <<

Oliver Dreissigacker ist AH-Redakteur und würde Spirit gerne mal mit einem Joystick fernsteuern.

Weblinks

http://skyandtelescope.com/resources/software/article_328_1.asp • www.giss.nasa.gov/tools/mars24 • http://mars.telascience.org • www.bmme.de/mars



Durch die Augen der Rover können wir uns auf dem Mars umsehen. Dabei helfen uns Maestro von der Nasa (links) und das deutsche Panorama-Projekt von Burkhard Brücher (unten).



Nahe und ferne Himmel präsentieren diesmal die Glanzlichter unserer Leser. Sowohl in tiefen Aufnahmen flüchtiger Himmelsobjekte als auch »unplugged« – ganz ohne Teleskop – zeigt sich die Schönheit des Firmaments .



Dunkles Ross
Der Pferdekopfnebel gebannt auf ein Starlight-Xpress-MX7c-Farb-CCD
>> Martin Werner





Nebelpracht
Einer SBIG ST10XME gelang diese Ansicht des Kokonnebels IC 5146.
>> Volker Wendel

Treffen in Andromeda

Komet 2P/Encke neben unserer Nachbargalaxie M 31. Komposit von Aufnahmen einer Canon 10D
>> Waldemar Skorupa

Mond-Gekrater

Ptolemaeus (links) und Plato (rechts) gesehen von einer Philips ToUCam
>> Herwig Sulzbacher







Ceci n´est pas le soleil ...

Lichtablenkung durch Eiskristalle der winterlichen Luft erzeugte diese so genannte Nebensonne bei Lauscha/Thüringen

>> Denise Böhm-Schweizer



Astro-Impressionen

Mond und Venus neben der Kuppel der Sternwarte Radebeul

>> Thomas Böhme



Mondkugel

Das Porträt des Erdtrabanten nahm eine Canon Powershot G2 durch ein C8-SC auf. >> Rolf Geissinger

2+7-Gespräche

Jupiter und Saturn pflegen persönlichen Umgang mit den Plejaden. >> Martin Wagner

Heiligenschein

Außer der Nebensonne ist auch der 22-Grad-Halo der vom Hügel verdeckten Sonne erkennbar. >> Denise Böhm-Schweizer





Saturn

Durch ein C11 sah eine Philips Vesta Pro den sechsten Trabanten der Sonne. >> Uwe Brendemühl



Ein Abend Down-under

Merkur, Jupiter und Aldebaran (entgegen den Uhrzeigersinn um den Baum) vom Nordwesten Australiens aus gesehen

>> Erich Wälde



Planetarische Hantel

60 Sekunden lang lichtete eine SBIG ST-9XE den Hantelnebel M 27 ab.

>> Marcus Klingler



In roter Ermattung blickt

durch finstres Gewölk
die mächt'ge Sonne selbst
auf das Treiben der Welt.

>> Sören von der Werth

Weltraumwetterleuchten

am 20. November 2003 am Voggenberg bei Salzburg

>> Franz Vogl







Opponierender Mars

Im September letzten Jahres durch ein 18-Zoll-Dobson-Newton

>> Gerhard Eder

Schweifstern

Komet Hale-Bopp gesehen durch ein TAL-200k-Acht-Zoll

>> Herwig Sulzbacher

Machen Sie mit: Schicken Sie uns Ihre »Glanzlichter«.
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder!)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40 • D-69038 Heidelberg • E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Bildschön ...

... und einzigartig dazu: Das Planetariumsprogramm Desktop Universe wartet mit fotografischem Himmelshintergrund auf.

>> Jeff Foust

Astronomiesoftware hat sich in den vergangenen Jahren schnell entwickelt: So greift sie via Internet auf astronomische Datenbanken zu, übermittelt aber auch Steuerungsdaten an Teleskope. Gleichzeitig wurden die Computer immer leistungsfähiger: Sie bieten schnellere Prozessoren, größere Festplatten, realistischere Grafik.

Doch auch heute noch nutzen die meisten Planetariumsprogramme nur einen Bruchteil der Möglichkeiten moderner Hardware und reduzieren den nächtlichen Himmel auf eine Mischung aus Punkten, Kästen und Linien. Eine neue Generation von Programmen verspricht Besserung, allen voran Desktop Universe von Main-Sequence Software. Gleich beim Start fällt ins Auge, worin sich das Programm von anderen Planetariumspaketen unterscheidet.

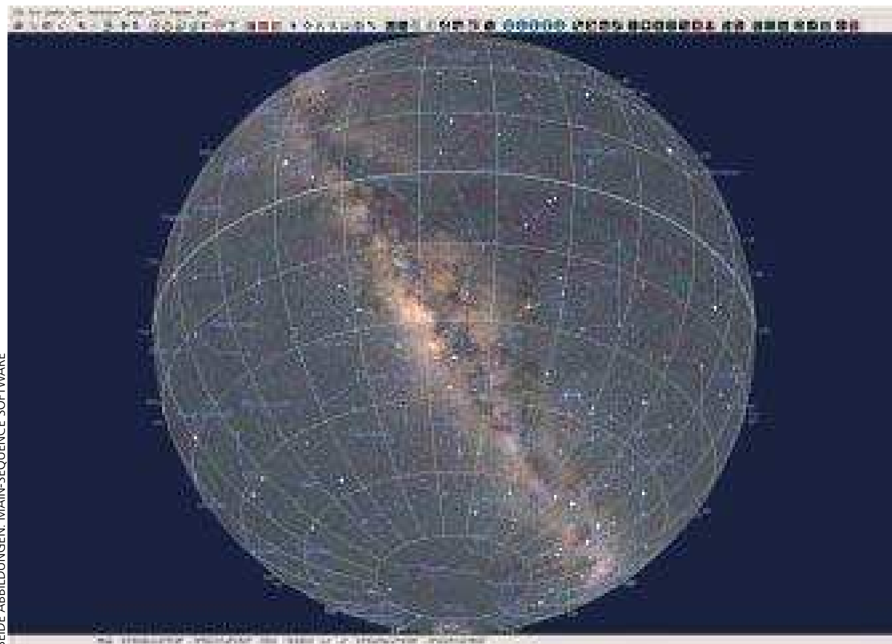
Statt Symbolen ein Ganzhimmelsmosaik

Der Nachthimmel wird nicht wie auf konventionellen Karten als Zeichnung dargestellt, sondern präsentiert sich als Fotografie. Das Ganzhimmelsmosaik in Desktop Universe wurde aus über 20000 CCD-Bildern erzeugt, die von den Software-Entwicklern mit einer speziell für diesen Zweck gebauten Kamera aufgenommen und anschließend mühevoll zu einem nahtlosen Panorama der Himmelssphäre zusammengesetzt wurden.

Das Ergebnis ist atemberaubend, besonders, wenn man die Milchstraße in ihrer Farbenpracht mit den schmucklosen Konturlinien und Schattierungen anderer Programme vergleicht. Dieses in Desktop Universe »True Sky« genannte Fotomosaik ist eine von zwei Himmelsansichten, die das Programm darstellen kann. Die zweite, »Plotted Sky«, zeigt den Himmel wie üblich als Anordnung von Symbolen für Sterne, Planeten, Kometen, Asteroiden und Deep-Sky-Objekte. Die »Plotted Sky«-Ansicht lässt sich dem Fotomosaik auch überlagern.

Ein Himmel wie gemalt Die Sternkarten von Desktop Universe basieren auf einem Fotomosaik des gesamten Himmels mit Sternen bis 14. Größe. Auch Verbindungslinien und Beschriftungen lassen sich einblenden.

Diese verschiedenen Ansichten können allerdings für einige Verwirrung sorgen. Beispielsweise hat die Einstellung der Grenzgröße in der fotografischen Ansicht keinerlei Auswirkung – der Himmel sieht mit Grenzgröße zwei und zwölf gleich aus – beeinflusst aber, welche Objekte für die gezeichnete Ansicht verwendet werden. In der fotografischen Him-



BEIDE ABBILDUNGEN: MAIN-SEQUENCE SOFTWARE

Blick von außen Beim Herauszoomen aus dem Bild kommt der Benutzer in den Genuss, die Milchstraße inmitten der Himmelssphäre zu betrachten.



melsdarstellung fördert ein Klick auf ein Objekt nur dann Detailinformationen zu Tage, wenn es auch innerhalb der eingestellten Grenzgröße liegt. Ich fand es einigermaßen lästig, auf Objekte zu klicken, ohne dass etwas passierte, nur weil sie zu dunkel waren.

Zudem fordert der fotografische Hintergrund von Desktop Universe seinen Preis: Rund 260 Euro müssen Sie für das Programm ausgeben. Die von uns getestete Version 1.1 legt auch bei den Systemanforderungen die Latte recht hoch. Dieses Problem dürfte aber mit der kürzlich erschienenen Version 1.5 (Update kostenlos) erledigt sein, die vor allem das Arbeitstempo verbessert: Drei- bis viermal schneller soll das Programm nun laufen und benötigt nur noch 128 Megabyte an Hauptspeicher (RAM).

Außerdem wurden zahlreiche kleinere Änderungen vorgenommen. So lassen sich mittlerweile alle Deep-Sky-Objekte mit einem Namen versehen (allerdings immer noch mit Ausnahme von Tycho- und PGC-Objekten), und die Suchfunktion findet nun jedes Objekt, egal welche seiner Bezeichnungen der Benutzer eingibt.

Kein Alleskönner

Auch wenn die visuelle Darstellung von Desktop Universe überwältigend ist, fehlen dem Programm einige weitergehende Funktionen, wie man sie in anderen Planetariumsprogrammen findet. Es kann zwar Teleskope steuern (mit Hilfe eines »Astronomy Common Object Model« oder »Ascom« genannten Systems), doch bietet es keinerlei Optionen, um automatisch ein Beobachtungslogbuch zu erzeugen. Das Programm ist auch nicht in der Lage, via Internet auf zusätzliche Informationen zuzugreifen. Und die Liste der Beobachtungsstandorte enthält weltweit nur etwa 250 Städte (immerhin lassen sich auf einfache Weise weitere hinzufügen).

Durchschnitt, gepaart mit Einzigartigkeit

Desktop Universe enthält zumindest alle grundlegenden Funktionen eines Planetariumsprogramms. Die weit verbreitete Möglichkeit der Navigation in den Sternkarten, nämlich klicken und ziehen mit der Maus, fehlt leider – möglicherweise wegen des hohen Rechenaufwands im Zusammenhang mit dem Fotomosaik. Mit Ausnahme des Mondes erstreckt sich der Fotorealismus leider auch nicht auf Objekte des Sonnensystems. Egal, wie nah man beispielsweise an Jupiter heranzoomt, er erscheint stets als langweilige gelbe Scheibe.

Das entscheidende Verkaufsargument für Desktop Universe ist sein Fotorealismus, ohne den es ein eher durchschnittliches Planetariumsprogramm wäre. Andererseits ist seine beeindruckend detaillierte Darstellung des Nachthimmels für viele Beobachter und Pädagogen sicher ein Gewinn. Desktop Universe zeigt Ihnen den Nachthimmel, wie Sie ihn schon zuvor gesehen haben – allerdings noch nie auf Ihrem Computer. <<

Jeff Foust (jfoust@alum.mit.edu) machte diesen Test, nachdem er die Milchstraße wegen schlechten Wetters wochenlang nur auf seinem Computer bewundern konnte.

Desktop Universe 1.5

Homepage: www.main-sequence.com
In Deutschland erhältlich bei: www.astro-shop.com

unverb. Preisempf.:
259 €, Update von Version 1.1 oder 1.0 ist kostenlos

Systemanforderungen:
500 MHz-Prozessor, Windows 95 oder höher, 128 MB RAM, 1 GB freier Festplattenplatz, CD-Rom-Laufwerk, 16-Bit-Grafikkarte

NEUHEITEN

Zwei »goldige« Teleskope legen wir Ihnen diesen Monat besonders ans Herz: Das Coronado PST für Sonnenbeobachtungen und ein neuer Apochromat von William Optics.

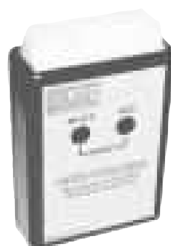


Coronado PST

>> Das Coronado Personal Solar Telescope (PST) ist ein H-Alpha-Teleskop im unteren Preissegment. Es ermöglicht daher auch Anfängern den Einstieg in die Sonnenbeobachtung. Protuberanzen kann man damit ebenso gut betrachten, wie die zahlreichen Oberflächendetails in der Chromosphäre oder die in einem Zyklus von elf Jahren zu- und abnehmenden Sonnenflecken unseres Tagsterns. Das PST verfügt über einen 1¼-Zoll-Okularauszug. Öffnung und Brennweite liegen bei 40 beziehungsweise 400 Millimeter. Es ist zum Preis von 795 € bei www.apm-telescopes.de erhältlich. Den dazu passenden Koffer gibt es für 89 €.


Star-Raker

>> Die Star-Raker Fernglasmontierung bietet besonders bei Gruppenbeobachtungen einen einzigartigen Komfort. Denn nach dem Prinzip der Parallelverschiebung behält ein darauf montiertes Fernglas oder Teleskop bei einer Veränderung der Beobachtungshöhe den Winkel zum Erdboden bei. Wenn Sie also ein Himmelsobjekt einmal im Okular zentriert haben, können Sie das perfekt ausbalancierte Fernglas für den nächsten Beobachter ganz einfach auf- und abbewegen, ohne dessen Ausrichtung zu verlieren. Der Star-Raker verfügt über ein Gegengewichtssystem, das mit einer Vielzahl von Ferngläsern oder Teleskopen verwendet werden kann. Dabei passt die Star-Raker-Montierung mit ihrem Standard-3/8-Zoll-Fotogewinde allerdings nur auf hierzu geeignete Fotostative. Für den Star-Raker sind ein Säulenstativ aus Stahl (240 €) sowie ein Eschenholzstativ (390 €) verfügbar. Die Montierung gibt es bei www.astrocom.de für 318 € .


NitePhaser DeLuxe

>> NitePhaser DeLuxe
Taschenlampen sind out – der NitePhaser ist die Zukunft. Diese moderne LED-Lampe hat zwei weiße und zwei rote LEDs, die jeweils in neun Helligkeitsstufen gedimmt werden können. Das Gute daran: Es besteht keine Gefahr, bei Rotlicht aus Versehen das weiße Licht einzuschalten, sodass die Dunkeladaption nicht verloren geht. Weitere Pluspunkte: Der NitePhaser merkt sich nach dem Ausschalten die letzte Helligkeitseinstellung. Für beide Farben ist ein Blinkmodus bei beliebiger Helligkeitsstufe integriert. So findet man sein Teleskop auch in stockdunkler Nacht wieder. Der NitePhaser DeLuxe kommt mit extrem wenig Energie aus, besitzt keine beweglichen Teile und ist daher für einen jahrelangen störungsfreien Betrieb konzipiert. Benötigt wird eine 9-Volt-Blockbatterie. Lieferung inklusive Klettband zur Befestigung am Teleskop zum Preis von 48 €. www.astrocom.de


APM MCT Bino 152 (f/12)

>> APM MCT Bino 152 (f/12)
Ein neues Großfernglas kommt aus dem Hause APM. Es basiert auf zwei Maksutow-Cassegrain-Teleskopen mit jeweils 150 Millimeter Öffnung und 1,8 Meter Brennweite und ist mit einer Hauptspiegelfokussierung und 1¼-Zoll-Okularklemmen ausgestattet. Die qualitativ hochwertige Mechanik hält die beiden Teleskope bis auf drei Bogensekunden parallel. Damit sind bis zu 400fache Vergrößerungen problemlos möglich. Werkseitig eingebaut ist eine Kippvorrichtung, die eine Schrägstellung von 0 bis 50 Grad erlaubt. Für astronomische Beobachtungen jenseits dieses Bereichs ist jedoch ein zusätzlicher Kippadapter nötig. Preis: 4990 €. www.apm-telescopes.de


TS-AZ Montierung



Infinity Mini-Dobson

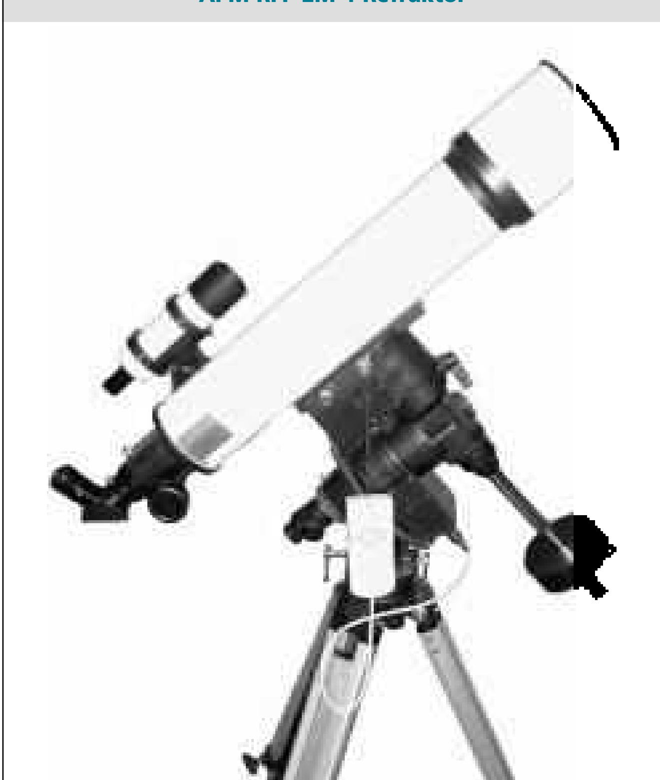


Megrez 80 OT-Apo

>> Die TS-AZ Teleskopmontierung ist eine sehr transportable azimutale Montierung für kleine Teleskope und Spektive bis 1,5 Kilogramm Gewicht. 360-Grad-Schneckenantriebe in beiden Achsen ermöglichen eine präzise Nachführung. Für astronomische Beobachtungen ist vor allem die bei azimutalen Montierungen nicht selbstverständliche Schwenkbarkeit bis in den Zenit wichtig. Die praktische Schnellwechselkupplung ermöglicht es Ihnen, Ihr Spektiv, Fernglas oder auch Teleskop binnen Sekunden von der Montierung zu trennen. Lieferbar sind drei Versionen: mit Tischstativ für 119 €, mit ¼-Zoll-Fotostativanschluss für 89 € oder mit M-10-Anschluss für gängige Stative (Vixen, Synta) für 109 €.
www.teleskop-service.de

>> Der APM-RFP EM-4-Refraktor ist ein Linsenfernrohr nach Fraunhofer aus chinesischer Produktion mit 100 Millimeter Öffnung und 700 Millimeter Brennweite. Die Farbkorrektur übertrifft dank verbesserter Glassorten jene von Standard-Vier-Zoll-f/10-Instrumenten bei weitem. Eine hervorragende sphärische Korrektur macht das Teleskop trotz des kleinen Öffnungsverhältnisses auch für Planetenbeobachtungen interessant. Der Okularauszug nimmt 1¼-Zoll-Okulare auf. Großzügig dimensionierte Handräder erlauben feinfühliges Fokussieren. Der Tubus wird mit einem 7x50-Sucher, einem 1¼-Zoll-Zenitspiegel sowie einem 25-Millimeter-Kellner-Okular geliefert. Die Montageschiene an der Tubusunterseite passt jedoch nicht auf Vixen- oder Skywatcher-Montierungen, sondern lediglich zur herstellereigenen EM-4, die aber zum Lieferumfang gehört. Zusammen mit der Montierung kostet das Gerät 595 €.
www.apm-telescopes.de

APM-RFP EM-4-Refraktor



>> Das Infinity Mini-Dobson ist ein nettes, kleines Teleskop zum Spazierengucken. Es besteht nur aus zwei Teilen und ist daher schnell auf- und abgebaut. Da der Schwerpunkt sehr tief liegt, gerät es niemals aus dem Gleichgewicht. Bei 76 Millimeter Öffnung und 300 Millimeter Brennweite bietet die 15fache Vergrößerung einiges an Beobachtungsspaß: So können Sie damit die Monde des Jupiter oder die Sichel der Venus erkennen. Ein 20-Millimeter-Okular mit eingebauter Aufrichtlinse liefert seitenrichtige Bilder. Das Teleskop gibt es schon für 65 € bei www.teleskop-service.de.

>> Bei William Optics gibt es den neuen **Megrez-80-II-Refraktor**. Mit einer Länge von 38 Zentimetern und einem Gewicht von 2,3 Kilogramm ist er das ideale Reisefernrohr und steht den teureren Apochromaten in nichts nach. Hochwertigste Materialien und Bauteile wie ein Zwei-Zoll-Rotationsauszug lassen so gut wie keine Wünsche offen. Der Einsatz einer neuen Glassorte sorgt für eine bis zu vierzig Prozent bessere Farbkorrektur als beim Vorgänger. Alle Oberflächen sind mehrfach vergütet. Preis: 850 €
www.william-optics.com

>> Der Megrez 80 OT-Apo-Refraktor ist der baugleiche Triplet-Fluorit-Apochromat mit einzigartiger Farbkorrektur. Daher ist er sowohl für die Planetenbeobachtung bei hohen Vergrößerungen als auch für die Astrofotografie wie geschaffen. Er wird mit einem Zwei-Zoll-Crayford-Auszug geliefert und ist äußerlich an den zwei exklusiven Goldkanten zu erkennen. Dementsprechend ist auch sein Preis: 1495 €.
www.william-optics.com

TV-PROGRAMM

Donnerstag, 18. März

Im Reich der Sterne
Wie kamen die Menschen der Frühzeit den Geheimnissen des Universums auf die Spur?
N24, 15.30 Uhr

Jagd nach dem Nasca-Code
Auf der Suche nach den Urhebern der Nasca-Linien und -Zeichnungen in Peru entdeckten Archäologen Reste von Siedlungen.
3sat, 20.15 Uhr

Archimedes
Themen: Wie Sterne entstehen; Im Bett bleiben für die Forschung; Weltraummüll
Bayerisches Fernsehen, 23.15 Uhr

Freitag, 19. März

Superauge aus dem All
Interviewporträt mit Frithjof Voss, Spezialist für Fernerkundung der Erde. Voss berichtet aus China, wo Heuschreckenplagen per Satellit bekämpft werden.
XXP, 18.40 Uhr

Sonntag, 21. März


SWR / NDR / ORF

Terra Fantastica
Die Dokumentation »Grenzen der Wahrnehmung« ist eine abenteuerliche Reise vom Innersten der Materie bis an den Rand des Universums.
SWR, 16.00 Uhr

Dienstag, 23. März

Internationale Raumstation – Leben im All
Die Dokumentation stellt vor, wie die Internationale Raumstation ISS das Leben im All ermöglicht.
N24, 20.15 Uhr

Mittwoch, 24. März

Alchimisten des Geschmacks – Essen aus dem Labor
Spiegel-TV-Dokumentation
Im Auftrag der US-Weltraumbehörde Nasa erforschen Wissenschaftler, wie sich Astronauten auf Marsmissionen ernähren könnten.
XXP, 17.25 Uhr

Sonntag, 28. März

Sonntags
mit Gert Scobel
Unter anderem: Das Geheimnis der Sternenscheibe von Nebra
ZDF, 9.00 Uhr

Terra Fantastica
Vom Bumerang zur Rakete: Ballistiker feierten ihre größten Triumphe, als sie Menschen und Maschinen in den Weltraum katapultierten.
SWR, 16.00 Uhr

Wohnen im All
Die Nasa arbeitet an einer konkreten Utopie – das Ziel: Wohnen im All.
N24, 18.30 Uhr

Asteroideneinschlag
Dokumentation
Was geschieht, wenn große Asteroiden nicht in der Atmosphäre verglühen, sondern auf die Erde niedergehen?
N24, 20.15 Uhr

Montag, 29. März

Auf der Schwelle zum Weltall
X15-Pionier Bob White führte 1962 den ersten bemannten Flug von der Erde ins All durch.
N24, 22.15 Uhr

Donnerstag, 1. April


STSCI

Das Hubble-Teleskop – Blick in die Unendlichkeit
Das Hochleistungsteleskop soll die Entstehung des Universums klären, wirft aber auch immer wieder neue Fragen auf.
N24, 12.30 Uhr

Kubrick, Nixon und der Mann im Mond
Von William Karel, Frankreich 2002
Was, wenn Nixon einen Film über die Mondlandung in Auftrag gegeben hätte? Karel inszeniert ein dokumentarisches Spiel mit einer Mischung aus Fakten, Fiktion und Hypothesen.
Arte, 22.20 Uhr

RADIO-TIPPS

Montag, 29. März

Die Stellung des Menschen im Kosmos
Essay über den Weg des Menschen vom endlichen zum unendlichen Universum
SWR2, 21.03 Uhr

Dienstag, 30. März

Philosophie der Renaissance
Schönheit und Größe des Alls – Die Revolution der Astronomie
Bayern2, 09.30 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

EVENTS

2. – 4.4.: Deep-Sky-Treffen 2004 der VdS-Fachgruppen »Astrofotografie« und »Visuelle Deep-Sky-Beobachtung« auf dem Eisenberg in Nordhessen. Information: Wolfgang Steinicke, Gottenheimer Str. 18, D-79224 Umkirch, Internet: www.fachgruppe-deepsky.de

3. – 12.4.: Astronomisches Abenteuercamp in der Mühle Wissel am Niederrhein. Für Anfänger und Fortgeschrittene im Alter von 16 bis 24 Jahren. Information: Martin Thorn, Diestedder Straße 14, D-59510 Lippetal, Tel.: 02923 8438, Internet: www.mao-moers.de/Leistungen/AAC/aac.html

13. – 17.4.: Huygens-Symposium mit internationalem Tag der Amateurastronomen (17.4.). In der Esa-Niederlassung Estec, Noordwijk, Niederlande. Internet: http://sci2.esa.int/huygens/conference

15. – 18.4.: Aschberg-Frühjahrs-Teleskoptreffen nahe Eckernförde, Schleswig-Holstein. Auch bei schlechtem Wetter. Kontakt: Armin Quante, Wiesenredder 5, D-24340 Eckernförde, Tel.: 04351 475830. Internet: www.aft-info.de

16. – 17.4.: Sternfreundetreffen 2004 in der Sternwarte Hof. Information und Anmeldung: Sternwarte Hof, Egerländerweg 25, D-95032 Hof, Tel.: 09281 95278, Internet: www.sternwarte-hof.de

17.4.: Seminar »Besser beobachten – die Kometen«. 15 Uhr, Raiffeisen-Volkssternwarte Mariazell. Info: Wiener Arbeitsgemeinschaft für Astronomie, Tel.: +43 664 2561221. Internet: www.waa.at

20.4.: Einführungskurs »Erlebte Astronomie«, Teil 1: Grundlagen. 6 Abende, Beginn 20.4., 19 Uhr im Restaurant Marina Wien am Yachthafen, Handelskai 343, A-1020 Wien. Kursgebühr 52 Euro. Anmeldung bis eine Woche vor Beginn: Wiener Arbeitsgemeinschaft für Astronomie, Tel.: +43 664 2561221; täglich von 14 – 21 Uhr, Internet: www.waa.at

24.4.: Würzburger Frühjahrstagung des VdS. Ab 9.30 Uhr im Hörsaal des Physiologischen Instituts, Röntgenring 9, Würzburg. Information: Peter Höbel, Im Föhrenwald 35, D-91054 Erlangen. E-Mail: peter.hoebel@t-online.de

24.4.: Österreichischer Astronomietag. Verschiedene Aktivitäten von Forschungsinstituten, Volksbildungsstellen Vereinen, Schul- und Privatsternwarten in Wien und ganz Österreich. Informationen im Internet unter www.oegaa.at/astronomietag

25.4.: Workshop »Bedienung von Meade Autostar«, Teil 1: Grundfunktionen. 15 Uhr, Wien 14, Hotel Sofienalpe. Teilnahmegebühr 32 Euro. Anmeldung: Wiener Arbeitsgemeinschaft für Astronomie, Tel.: +43 664 2561221; täglich von 14 – 21 Uhr, Internet: www.waa.at

30.4. – 2.5.: 11. CCD-Tagung in Kirchheim, Thüringen. Information und Anmeldung: Dennis Möller, Sonnenstieg 3, D-37085 Göttingen, Tel.: 0551 7974742. Internet: http://ccd.istcool.de

6. – 9.5.: Seti-Treffen in Weimar (Seti: Search for Extraterrestrial Intelligence). Jugendherberge am Ettersberg. Internet: www.setitreffen.de

8.5.: 20. ATT. Deutschlands größte Astronomiebörse. Ort: Gesamtschule Bockmühle, Ohmstr. 32, Essen. Information gegen als Großbrief (1,44 Euro) frankierten DIN-C5-Rückumschlag von: Verein für volkstümliche Astronomie, Weberplatz 1, D-45127 Essen. Internet: www.astronomie.de/att-essen/att-2004/index.htm

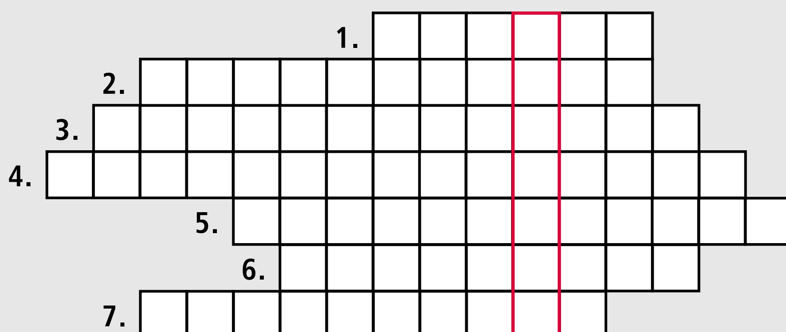
10. – 16.5.: Internationale Luft- und Raumfahrtausstellung Berlin. Internet: www.ila-berlin.de/ila2004/home

14. – 16.5.: Chiemgauer Astronomie-Tage auf der Winklmoos-Alm. Information: Raphael Bugiel, Tel.: 0861 9867447, Internet: www.Chiemgauer-Astronomie-Tage.de

Auch Ihre Termine können hier stehen! Schicken Sie frühzeitig, etwa zwei Monate vor Erscheinen der betreffenden Ausgabe, eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

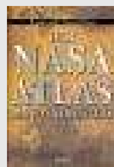
PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!



1. Spitzname eines Exoplaneten, der als Erster durch die Transitmethode gefunden wurde
2. Höchster Berg des Sonnensystems
3. Eine Koordinate des Äquatorialsystems
4. Veränderung von Strahlung beim Verlassen eines Gravitationsfelds oder durch Fortbewegung der Quelle
5. Die Astronomie der hier früher ansässigen antiken Hochkultur zeichnete sich durch präzise Mond- und Planetenbeobachtung aus
6. Phase der schnellsten Ausdehnung des Kosmos
7. Für mindestens zwei Farben korrigiertes Objektiv

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 3/2004, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss ist der 5. 3. 2004. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



1. Preis: Der »Nasa-Atlas des Sonnensystems«, das anschaulichste und vollständigste Kartenwerk der Planeten, monumental im Format (46 Zentimeter). Knaur, Wert: 98,– €

2. Preis: Mit dem Kontrast-Booster von Baader erreichen Sie eine vielfach höhere Bildschärfe als bei der Kombination herkömmlicher Filter. Wert: 49,– €

3. Preis: Der BBC-Bildband »Der Weltraum«. Bestseller-Autor John Gribbin nimmt den Leser mit auf eine Entdeckungsreise durch die Tiefen des Weltalls, auf der Suche nach Ursprung und Entwicklung unseres Universums. VGS-Verlag, Wert: 34,90 €

4. Preis: Mond- und Skyglow-Filter (Violett-Multibandfilter) aus dem Hause Baader Planetarium; Wert: 35,– €

5. Preis: Der einzige Infrarot-Sperrfilter mit planoptisch polierten Oberflächen und konsequenter Mehrschicht-Entspiegelung. UV/IR-Filter. Baader, Wert: 30,- €

Lösung des letzten Preisrätsels:

1. KRISTIANIA
2. PLUTINOS
3. TEIDE
4. PRAESEPE
5. GUSEV
6. MERKUR
7. EXAHERTZ
8. SICHEL

Integral: Gammastrahlensatellit der Esa.

Die Gewinner werden im Mai-Heft bekannt gegeben.

KLEINANZEIGEN

mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	privat	gewerblich
bis zu drei Zeilen	22,– €	32,– €
jede weitere Zeile	5,– €	5,50 €

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich fünfzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an: Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de.
Einsendeschluss: sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

Mai-Heft ab 22. April 2004



ESA

Europas Kometenfänger

Rosetta soll erstmals ein Landegerät auf einem Schweifstern absetzen. »Philae« wird dort Proben entnehmen und vor Ort analysieren



NASA / ISC

Trainieren bis zum Abheben

In den kleinen Kreis der Vorauswahl zu kommen ist schon schwierig. Dann aber gehen die zukünftigen Astronauten erstmal baden ...

Nicht nur in der Zahnpasta

Lesen Sie, wo im Universum Fluor entsteht und wie es auf die Erde gelangte



JEFF SCOVIL



S&T / CRAIG MICHAEL UTTER

Urlaubsreif

Mit diesem Eigenbau können Sie auch dann zum Beobachten aufs Land fahren, wenn Sie nur ein kleines Auto haben

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (dre), Stephan Fichtner (sf), Thilo Körkel (tk)
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsanschrift: Postfach 104840, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-711, Fax: 06221 9126-729
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 104840, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Übersetzungen / Mitarbeit in diesem Heft: Christoph Arndt, Corinna Karow, Dr. Monika Maintz, Dr. Rainer Riemann, Stefan Seip, Peter Strub, Ulrich Zehndbauer
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741; E-Mail: marketing@spektrum.com
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Leser-Service: Tel.: 06221 9126-743; E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft, Boschstraße 12, D-69469 Weinheim, Tel.: 06201 6061-50, Fax: 06201 6061-94
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement Studenten Inland (gegen Studiennachweis): € 50,–, Jahresabonnement Studenten Ausland (gegen Studiennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konten: Deutsche Bank, Weinheim, 58 36 43 202 (BLZ 670 700 10); Postbank Karlsruhe 13 34 72 759 (BLZ 660 100 75). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel; Tel.: 06181 729-04; Fax: 06181 729-84; E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 1 vom Januar 2004.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

ISSN 1610-8728
www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.